Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кемеровский государственный университет»

сборник трудов Международного симпозиума

«ИННОВАЦИИ В ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ»

г. Кемерово 2018 г.

УДК 001.895(664+60)
ББК 30.16:36
И 66

Под общей редакцией
профессора РАН, доктора технических наук,
лауреата премии Правительства РФ в области науки и техники
А. Ю. Просекова

И 66 Инновации в пищевой биотехнологии: сборник трудов Международного симпозиума / под общ. ред. А. Ю. Просекова; ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». – Кемерово, 2018. – 541 с.
ISBN 978-5-8353-2270-1

Материалы изданы в авторской редакции на русском и английском языках. В сборник вошли результаты научных работ ученых, участвовавших в разработке новых видов продуктов питания и исследовании их свойств, создании пищевых технологий и оборудования, оценке качества готовой продукции и экономической эффективности производства.

Мнение редколлегии и организационного комитета Международного симпозиума может не совпадать с мнением авторов материалов, опубликованных в сборнике тезисов.

УДК 001.895(664+60)
ББК 30.16:36

ISBN 978-5-8353-2270-1

© ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 2018

УДК 637.073

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ БЕСКОСТНОЙ ГОВЯДИНЫ НА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ НУКЛЕОТИДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСХОДНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАМОРОЖЕННОГО МЯСА

Л. О. Архипов
Всероссийский научно-исследовательский институт холодильной промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

При производстве и переработке мяса крупного рогатого скота одним из важных этапов является процесс его созревания, что обеспечивает изменение его физико-химических свойств, размягчение мышечной ткани (тендеризация) и накопление вкусо-ароматических веществ, придающее мясу традиционные для потребителя свойства [1-3].

Выполненные к настоящему времени исследования по изучению роли свободных нуклеотидов в процессах низкотемпературной обработки и хранения мяса показывают их участие в образовании вкуса и изменении структурно-механических свойств мышечной ткани. Высокую значимость свободных нуклеотидов и нуклеозидов определяет их непосредственное участие в наступлении посмертного окоченения – «rigor mortis»[4,5].

Свободные нуклеотиды, содержащие в своем составе остатки фосфорной кислоты, являются универсальным источником энергии, а так же ее переносчиком за счет макроэргических связей. При жизни животного они участвуют в механизме мышечного сокращения, а после убоя – в посмертном окоченении, а так же в явлении «thaw-rigor» - сокращения мышечных волокон после размораживания мяса [6-8].

Стоит отметить, что исходное термическое состояние мяса перед замораживанием оказывает существенное влияние на качество сырья и потери его массы при размораживании. Так потери массы при размораживании говядины, замороженной в парном виде значительно выше, чем для мяса, замороженного в охлажденном состоянии [6]. Исходя из этого для сохранения качества и уменьшения потерь массы такого сырья, нужно внедрять дифференцированную технологию размораживания, предусматривающую предварительное темперирование сырья, что особенно актуально для сырья, ввозимого из других стран.

В России выработку бескостных мясных блоков осуществляют по ГОСТ Р 54704-2011 в котором указано, что отечественный производитель должен прописывать на этикетке продукта, из какого сырья были выработаны замороженные мясные блоки: из парного или охлажденного мяса, однако данные требования не распространяются на импортную бескостную говядину. За рубежом, например, в Новой Зеландии сорок процентов вырабатываемого мяса замораживают в парном виде. Повышенные потери массы при размораживании такого сырья, обусловлены явлением окоченения-оттаивания – «thaw-rigor».

Однако до настоящего времени нет приемлемого для промышленных предприятий метода определения исходного термического состояния замороженного мяса.

Из-за высокой степени вовлеченности свободных нуклеотидов в биохимические процессы, происходящие при созревании мяса, их часто используют при разработке методов контроля качественных показателей мясного сырья [9-12].

В работах некоторых отечественных и зарубежных авторов показаны характер и направленность изменений свободных нуклеотидов при автолизе охлажденного мяса. Автолитические превращения АТФ в мышечной ткани при отрицательных температурах отличаются рядом особенностей. Деградация АТФ ускоряется в начальный период замораживания и при размораживании, кроме того, содержание АТФ в размороженном мясе выше, чем в охлажденном [13].

Широкое распространение в настоящее время методов высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) дает возможность получения высокоточных

количественных и качественных данных относительно каждого компонента сложной смеси нуклеотидов и представляет интерес для изучения состава и содержания сводных нуклеотидов применительно к мясу КРС на различных этапах холодильной обработки.

Однако методы ВЭЖХ хорошо подходят для высокоточных аналитических исследований, а для производственных условий практически не применимы.

Цель работы - исследовать влияние холодильной обработки и хранения на качественные и количественные изменения состава свободных нуклеотидов мяса крупного рогатого скота и разработать метод определения исходного термического состояния замороженного мяса.

Объекты и методы исследований

Для проведения исследований были взяты мышцы КРС – L. Dorsi, выделенные из полутуш первой категории упитанности, в парном виде через 45-60 минут после убоя ($t_{мышц}$=35-39°С) и охлажденном состоянии через 24 ч после убоя животного ($t_{мышц}$= 1±1°С), а так же хранившиеся в охлажденном виде при температуре охлаждающей среды плюс 1±1°С 14 суток и замороженном в парном виде и после охлаждения, хранившиеся при минус 20±1°С 12 месяцев.

Величина активной кислотности в мясе определялась pH - метром - 205, «Testo», по ГОСТ Р 51478 - 99. Диапазон измерения от 0-14 единиц с погрешностью ±0,01 ед.

Свободные нуклеотиды и нуклеозиды мяса экстрагировали по методике Северина С. Е. и др., а количественное определение содержания на хроматографе «agilent-1200» (США), колонка «Phenomenex Sphere Clone» ODS 250*4/6,5 мкм [14].

Препараты высокой степени очистки: АТФ, АДФ, АМФ, ИМФ и нуклеозидов – инозин и гипоксантин («SIGMA», США).

Определение оптической плотности эталонных растворов и экстрактов свободных нуклеотидов и нуклеозидов мяса спектрофотометрическим путем проводили с применением спектрофотометров Spekol-1500 «AnalytikJENA» (Германия), Cary-50Bio «AgilentTechnologies» (США), UV-3600 «Shimadzu» (Япония). Анализ проводили в ультрафиолетовой области [15].

Результаты исследований

Определение pH. Для обеспечения однородности исследуемого объекта и корректного проведения исследовательских работ было отобрано мясо с показателями активной кислотности среды в диапазоне от 5,4 до 6,2, что соответствует нормальному мясному сырью. Определение проводилось в условиях убойного цеха pH-метром «Testo-205», рисунок 1.

Рисунок 1 – Проведение измерений pH-мяса в мышце L. dorsi

Таким образом, последующие исследования были проведены на однородном по качеству мясе группы NOR.

Определение свободных нуклеотидов мяса ВЭЖХ методом. Данные по определению преобразований свободных нуклеотидов мяса в зависимости от вида и этапа холодильной обработки отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание свободных нуклеотидов и нуклеозидов мяса на различных этапах его холодильной обработки и хранения

Мясо на различных этапах холодильной обработки и хранения	Содержание свободных нуклеотидов мяса, ммоль /г			
	АТФ	ИМФ	Инозин	Гипоксантин
Парное мясо	4,15	0,57	0,22	0
Охлажденное мясо	0,30	4,23	0,14	0,02
Охлажденное мясо (14 суток хранения)	0,20	2,44	0,72	2,57

Анализ данных таблицы 1 показывает, что наибольшие изменения в содержании свободных нуклеотидов мяса происходят в первые сутки после охлаждения, что выражается в резком падении концентрации АТФ и повышением содержания инозиновой кислоты, которая достигает максимума концентрации к этому времени.

Содержание АТФ в парной говядине в 13,8 раз выше по сравнению с мясом после охлаждения, а количество ИМФ увеличивается в 7,4 раза.

Необходимо отметить, что гипоксантин не определяется в парном мясе, что говорит о его отсутствии. Гипоксантин образуется в результате постепенного распада АТФ и промежуточных метаболитов до инозина и последующей его деградации до рибозы в процессе хранения мяса.

При хранении мяса на различных этапах холодильной обработки АТФ не распадается полностью, и определяется во всех исследуемых образцах. Содержание инозиновой кислоты снижается при хранении мяса в охлажденном виде в результате ее распада до инозина и гипоксантина.

С увеличением срока хранения мяса в охлажденном состоянии количество инозина постепенно возрастает и на четырнадцатые сутки хранения его концентрация увеличивается в 3,3 раза. В отличие от инозина для гипоксантина характерен более интенсивный рост при хранении мяса в охлажденном виде – 128,5 раза. Следует отметить, что гипоксантин в парном мясе не обнаруживается, а в первые сутки после охлаждения его содержание составляет 0,02 ммоль/г мышечной ткани.

Для определения специфики влияния низких отрицательных температур на скорость преобразования свободных нуклеотидов, а так же выявления их наиболее лабильных компонентов, был проведен анализ качественного и количественного состава в мясе, замороженном в парном и охлажденном состоянии. Проведена сравнительная оценка мяса различного термического состояния, рисунок 2.

Анализ гистограммы рисунка 2 показывает, что для мяса, замороженного в парном состоянии характерно высокое содержание АТФ, как и для парного мяса.

В мясе, замороженном в парном виде, содержится АТФ практически в 22 раза больше, а ИМФ в 12 раз меньше, чем в мясе, замороженном в охлажденном состоянии.

Важно отметить, что замораживание в значительной мере замедляет деградацию свободных нуклеотидов мяса, практически приостанавливая процесс распада. Из гистограммы рисунка 2 видно, что при замораживании мяса в парном виде сохраняется высокое содержание АТФ, а в мясе, замороженном после охлаждения – ИМФ.

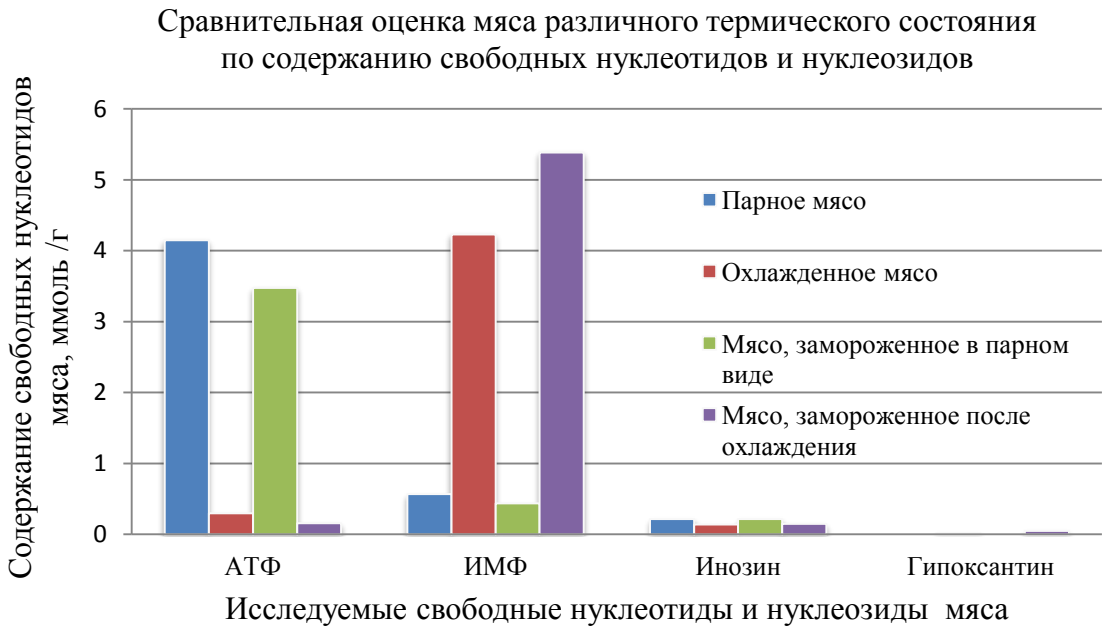


Рисунок 2 – Сравнительная оценка мяса различного термического состояния по содержанию свободных нуклеотидов и нуклеозидов

Как в случае с парным и охлажденным мясом, так и в случае мяса, замороженного в парном виде и после охлаждения, наиболее лабильными компонентами являются АТФ и ИМФ, поэтому, для возможности последующей определения исходного термического состояния замороженного мясного сырья было предложено использовать их количественное отношение.

Применение высокоэффективной жидкостной хроматографии в условиях научно-исследовательских лабораторий весьма эффективно, что позволяет получать высокоточные результаты исследований, тем не менее, методы ВЭЖХ трудно применимы для производственного контроля, так как сопряжены со значительными материальными затратами и требуют содержания высококвалифицированных специалистов.

Результаты исследований свободных нуклеотидов спектрофотометрическим методом. В результате изучения оптических свойств водных растворов препаратов веществ: АТФ, АДФ, АМФ, ИМФ, инозина и гипоксантина высокой степени чистоты установлено, что монораствор АТФ имеет характерный пик поглощения при 260 нм, АДФ –259 нм, АМФ –260 нм, ИМФ –250 нм, инозин –250 нм, гипоксантин –249 нм. [15].

Следует отметить, что растворы АТФ, АДФ, АМФ характеризуются максимумом поглощения при длинах волн 259–260 нм, а ИМФ, инозин и гипоксантин имеют пик поглощения при 249–250 нм.

Затем проводили исследование оптических свойств модельных растворов свободных нуклеотидов и нуклеозидов в концентрациях, свойственных мясу, замороженного в парном состоянии и охлажденном виде, количественные данные которых были получены на основе проведенных исследований методом ВЭЖХ.

По результатам исследований оптических свойств смесей модельных растворов выявлены максимумы спектров поглощения. Для модельных растворов, идентичных мясу, замороженному в парном виде, наблюдается максимум поглощения в диапазоне длин волн 259±0,6 нм, в то время как, для модельных растворов имитирующих мясо, замороженное после охлаждения, - 249±0,5 нм, разница между пиками поглощения достоверна при $p<0,01$, $n=20$.

Результаты исследований свободных нуклеотидов и нуклеозидов, экстрагированных мяса, замороженного в парном состоянии и охлажденном виде, показаны на рисунке 3.

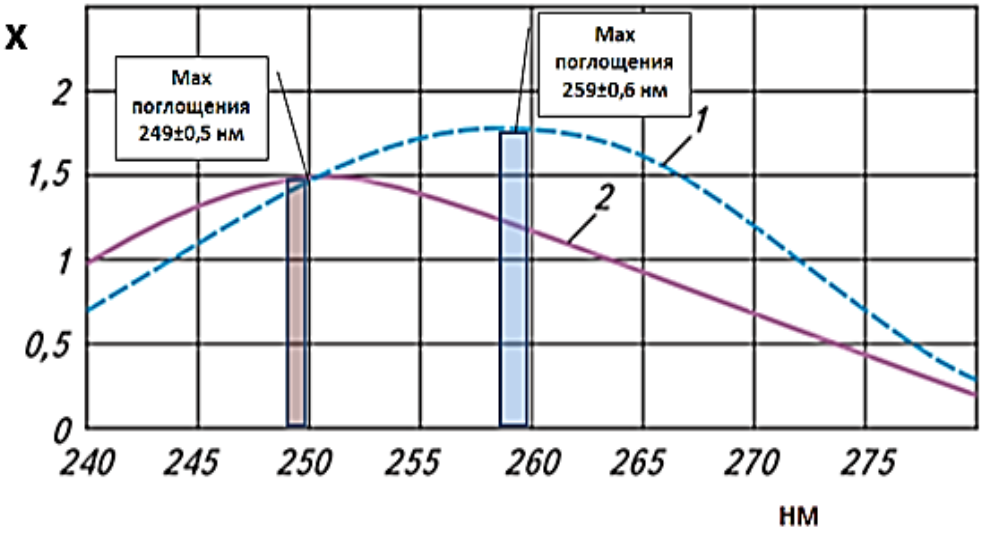


Рисунок 3 – Спектрограмма свободных нуклеотидов и нуклеозидов, экстрагированных из мяса, замороженного парным (1) и охлажденным (2)

Из рисунка 3 видно, что характерные максимумы поглощения свободных нуклеотидов, экстрагированных их мяса, замороженного в парном состоянии (259±0,8 нм) и охлажденном (249±0,6 нм), достоверно отличаются друг от друга ($p<0,01$, $n=20$).

Результаты экспериментальных исследований экстрактов свободных нуклеотидов мяса аналогичны данным исследований на модельных растворах.

Для объективной дифференциации растворов свободных нуклеотидов замороженного мяса (в парном и охлажденном виде) с учетом определенных специфических отличий и имеющейся взаимосвязи между отношением оптической плотности аденозинтрифосфата при 260 нм к оптической плотности инозинмонофосфата при 250 нм и деградацией АТФ в ИМФ был предложен показатель М, с помощью которого возможно различать исследуемые растворы:

$$\mathrm{M} = \frac{D_{\text{АТФ}}}{D_{\text{ИМФ}}}$$

где, $D_{\text{АТФ}}$ – оптическая плотность экстракта, измеренная при 260 нм; $D_{\text{ИМФ}}$ – оптическая плотность экстракта, измеренная при 250 нм.

Определение показателя М проводили в шестикратной повторности для каждой группы экстрактов свободных нуклеотидов мяса, полученные результаты отражены на рисунке 4.

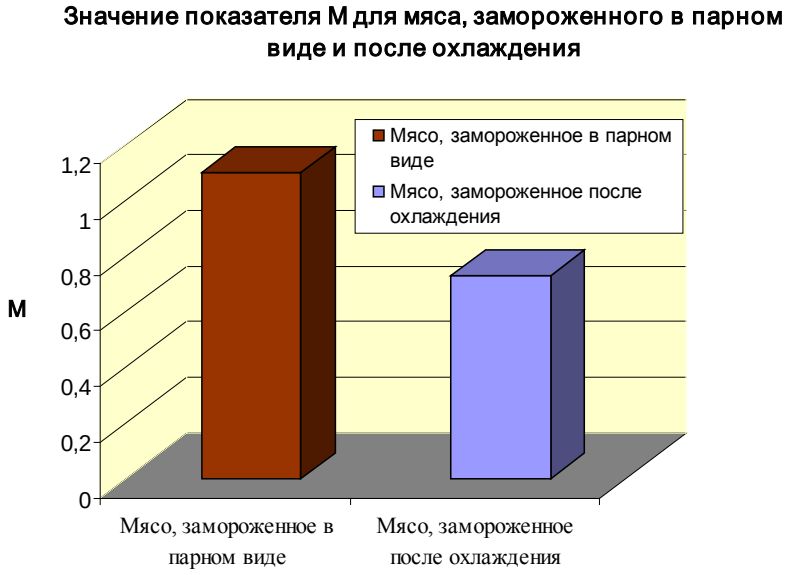


Рисунок 4 – Величина показателя М для замороженного мяса в парном состоянии и охлажденном

Анализ данных рисунка 4 показывает, что значение показателя М для свободных нуклеотидов, полученных из замороженного в парном состоянии мяса в 1,5 раза выше показателя М для мяса, замороженного в охлажденном виде. Разница между ними достоверна при уровне значимости $p<0,01$, что дает возможность определять исходное термическое состояние замороженного мяса.

Выводы

Изучены качественный состав и количественное содержание сводных нуклеотидов мяса крупного рогатого скота с помощью методов ВЭЖХ.

Установлены скорость и направленность биохимических преобразований сводных нуклеотидов на различных этапах холодильной обработки и хранения мяса крупного рогатого скота.

Выявлено, что скорость деградации свободных нуклеотидов зависит от термического состояния, срока и температуры хранения мясного сырья, а распад свободных нуклеозидов в большей степени выражен при хранении мяса в охлажденном сырье и имеет качественно одинаковую направленность.

Определены признаки отличия свободных нуклеотидов и нуклеозидов, экстрагированных из замороженного в парном состоянии и после охлаждения мяса. Обоснована возможность определения исходного термического состояния замороженного мяса по значению показателя М.

Разработан метод определения исходного термического состояния замороженного мяса. Метод апробирован на предприятии АО «Мясокомбинат Клинский».

Список литературы

1. Determinants of meat quality: tenderness / C. Maltin, D. Balcerzak, R. Tilley, M. Delday // Proceedings of the Nutrition Society. – 2003. – № 62. – P. 337–347.

2. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time / R. Marino [et al.] // Meat Science. – 2013. – Vol. 95, №. 2. – С. 281–287.

3. The development of meat tenderness is likely to be compartmentalised by ultimate pH / D. Lomiwes [et al.] // Meat Science. – 2014. – Vol. 96, №. 1. – С. 646–651.

4. Lonergan, E. H. Biochemistry of postmortem muscle: Lessons on mechanisms of meat tenderization / E. H. Lonergan, W. Zhang, S.M. Lonergan // Meat Science. – 2010. – № 86. – P. 184–195.

5. The Conversion of Muscle to Meat / S. K. Matarneh [et al.] // Lawrie´ s Meat Science (Eighth Edition). – 2017. – P. 159–185.

6. Научно-практические аспекты прогнозирования «окоченения-оттаивания» и разработка новой технологии размораживания мяса / М. А. Дибирасулаев, Г. А. Белозеров, Г. Е. Лимонов, С. И. Хвыля // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – №2. – С. 36–39.

7. Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle / X. Xia [et al.] // LWT-Food Science and Technology. – 2012. – Vol. 46, №. 1. – P. 280–286.

8. Xiong, Y. L. The Storage and Preservation of Meat: I—Thermal Technologies / Y. L. Xiong // Lawrie´ s Meat Science (Eighth Edition). – 2017. – P. 205–230.

9. Meat quality evaluation by hyperspectral imaging technique: an overview / G. ElMasry [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2012. – Vol. 52, №. 8. – P. 689–711.

10. Scheier, R. Identification of the early postmortem metabolic state of porcine M. semimembranosus using Raman spectroscopy / R. Scheier, J. Köhler, H. Schmidt // Vibrational Spectroscopy. – 2014. – Vol. 70. – P. 12–17.

11. Development of inosine monophosphate and its degradation products during aging of pork of different qualities in relation to basic taste and retronasal flavor perception of the meat / M. Tikk [et al.] // Journal of agricultural and food chemistry. – 2006. – Vol. 54, № 20. – P. 7769–7777.

12. Toldra, F. ATP method during aging of exudative and nonexudative pork meats. / M. Batlle, C. Aristov, F. Toldra // Journal of food Science. – 2001. – №1. – P. 68–71.

13. Пискарев А. И., Изменение свободных нуклеотидов при созревании размороженного мяса / Пискарев А. И., Дибирасулаев М. А. // Холодильная техника. – 1971. – № 10. – С. 43–44.

14. Исследование состава и содержания свободных нуклеотидов мяса КРС на различных этапах холодильной обработки и хранения/ М. А. Дибирасулаев, Г. А. Белозеров, Л. О. Архипов, Е. Д. Шибанова, И. В. Белянчикова // Холодильная техника.– 2016.– №4.– С. 58–61.

15. Дибирасулаев, М. А. Разработка спектрофотометрического метода ускоренной идентификации замороженных блоков, выработанных из парного или охлажденного мяса, для обоснования выбора технологических режимов их размораживания / М. А. Дибирасулаев, Г. А. Белозеров, Л. О. Архипов // Все о мясе. – 2017. – №. 5. – С. 48–52.

УДК 663.45

ПРИМЕНЕНИЕ БИОСОРБЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ НАПИТКОВ

М. В. Гернет, И. Н. Грибкова, К. В. Кобелев
Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Известно, что вкусовой профиль напитков брожения, в том числе и пива, формируется не только за счет веществ растительного сырья, применяемого в технологии (различных типов солодов, несоложеного зерна и хмеля), но и на стадии брожения вследствие жизнедеятельности дрожжей за счет образования летучих соединений (высшие спирты, карбонилы, эфиры и пр.), органических и аминокислот, различного состава углеводов и др. Поэтому важно контролировать процесс брожения вследствие образования желательных метаболитов и, наоборот, препятствовать образованию негативно воздействующих на вкус продуктов брожения.

В пивоваренной отрасли вопросам влияния условий брожения на образование метаболитов или вторичных продуктов брожения посвящено много исследований – они учитывают регулирование таких технологических факторов, как аминокислотный и углеводный состав охмеленного пивного сусла, аэрирование при главном брожении, аппаратурные особенности аппаратов для брожения, использование различных подкормок для дрожжей и т. п.

Применение в пивоварении биосорбентов различной природы, обладающих избирательной сорбционной способностью и оптимизирующих состав питательной среды для микроорганизмов, исследуется сравнительно недавно.

На сегодняшний день известно много разновидностей биосорбентов: их производство базируется на сорбентах-молекулах либо на микроорганизмах или препаратах на их основе.

Известны результаты работы, полученные на основании комплексного изучения природных и модифицированных цеолитов, в которых доказана пригодность их для приготовления алкогольных и безалкогольных напитков для повышения их качества [1].

Цеолиты представляют собой кристаллические алюмосиликаты металлов с пространственным трехмерным каркасом-сеткой с отрицательным зарядом. За счет этого осуществляется обмен с другими катионами металлов, что позволяет получать цеолиты направленного действия. Подразделяются цеолиты на группы в зависимости от присутствия 6-членных колец или архимедовых многогранников: одинарные 4-, 6-, 8-членные кольца, куб, гексональная призма, комбинации 4-1, 5-1, 4-4-1.

Адсорбционными центрами цеолитов являются гидроксильные группы, катионы и Льюисовы центры. Природа и число гидроксильных групп зависит от типа катионов и от условий предварительной обработки самого цеолита [1].

Так, например, известны препараты β-циклодекстрины, которые относятся к классу природных макроциклических олигосахаридов и производятся путем ферментативной изомеризации крахмала [2]. Они состоят из 6, 7 или 8 d-глюканопиранозных колец, связанных между собой 1,4-гликозидной связью с геометрической формой усеченного конуса, полого внутри, в котором по окружности верхнего основания располагаются 6–8 первичных ОН групп, а по окружности верхнего основания – 12–16 вторичных гидроксильных групп.

В течение последних десятилетий были выделены в чистом виде и охарактеризованы δ-, ε-, ζ-, η-, θ-циклодекстрины, образованные 9, 10, 11, 12 и 13 остатками глюкопиранозы [3]. Исследования относительно токсикологической безопасности циклодекстринов выявили их полную инертность и безопасность [2].

Сущность действия циклодекстринов основана на механизме комплексообразования по типу «гость – хозяин», где роль хозяина играет циклодекстрин. Взаимодействие

циклодекстринов с широким спектром субстратов основано на гидрофобном характере взаимодействия. Степень удерживания гидрофобных сорбатов во многом зависит от эффективности контакта с внутренней поверхностью полости [4].

Другими типами сорбентов являются: обводненная микрокристаллическая целлюлоза и β-казеин, применяемый для повышения сорбционной емкости [5]; сорбенты на основе механической и химической трансформации соломы, содержащие вещества с сорбционными свойствами полисахариды и лигнин [6]; пористый сорбент на основе оксида алюминия с мезо- и микропористой структурой, модифицированный углеродом и полиметилсилоксаном (ПМС) [7].

Известны биосорбенты на основе микроорганизмов, таких как *Aspergillus foetidus M-45*, *Pleurotos ostreatus*, *Rizopus oryzae*, винных дрожжей, водорослей и пр. [8–14]. Применение данных препаратов позволяет сорбировать радионуклиды и токсичные металлы, выявлять синтетические пищевые красители в напитках, очищать сточные воды и пр.

Применение микроорганизмов в качестве сырья для сорбентов оправдано, поскольку отличается рядом преимуществ: многообразием, доступностью, воспроизводимостью, низкой себестоимостью и возможностью перерабатывать отработанные генерации на основе принципов безотходных технологий.

Основная способность биосорбентов – освобождать от тяжелых металлов среду для ферментации за счет возникновения различных взаимодействий между металлом и сорбентом: через функциональные группировки, посредством реакции хелатизации, ионообменного процесса и т. д. При этом механизмы сорбции различаются в зависимости от степени обработки биосорбентов (биосорбенты с живыми клетками микроорганизмов и с клеточными стенками, то есть обработанные).

Сорбция живыми клетками включает в себя два этапа [15].

Первый этап (пассивная биосорбция) – адсорбция клеток металлов на поверхности клеток при реакции взаимодействия между функциональными группами – карбоксильными, фосфатными, гидроксильными, аминогруппами, сульфитными группами и т. д. Данный этап зависит от обменных процессов в клетках и длится несколько минут по одному или нескольким путям – связывание, комплексообразование, ионообмен, физическая адсорбция (под действием зарядов) или неорганическое микроосаждение. Данный этап – это динамически протекающая обратимая реакция адсорбции-десорбции. Связанные с поверхностью ионы металлов могут быть элюированы другими ионами, хелатными агентами или кислотами.

Второй этап (активная биосорбция) – ионы металлов проходят через мембраны клеток и вводятся в нее.

Относительно сорбции неживыми клеточными стенками сорбента можно сказать, что связывание происходит за счет комплексообразования между ионами и различными функциональными группами, находящимися на поверхности неживых клеточных стенок: карбоксильными, фосфатными, гидроксильными и т. д.

Исследования показали, что надо учитывать еще аминогруппы, наличие липидов, сульфогидрильных (тиоловых) групп, которые ответственны за осаждение ионов металлов на поверхности в виде труднорастворимых сульфитов, которые могут участвовать в процессах комплексообразования, осуществляемых либо по координационному, либо по хелатирующему признаку, как указано выше [16]. Образовывать комплексы по хелатирующей схеме в биополимере могут как амино-, так и карбоксогруппы, являющиеся онодентантными лигандами. На примере иона Pb было доказано первостепенное значение в комплексообразовании карбоксильных и аминогрупп. Также была выявлена последовательность участия в комплексообразовании функциональных групп на поверхности клеточных стенок: карбоксильные группы>аминогруппы>фосфорильные группы>сульфогидрильные группы>липиды.

В табл. 1 приведен перечень изученных биосорбентов на основе различных микроорганизмов.

Необходимо отметить, что исследователи пришли к выводу, что на сорбционную способность микроорганизмов влияет ряд факторов: род (бактерии> дрожжи>грибы); возраст клетки; форма связанного металла (радиус иона, валентность и т. д.) и биосорбента; условия культивирования (источники углерода, питательные вещества, состав среды культивирования и т. д.), условия биосорбции (pH среды, температура, время контакта, сопутствующие ионы в растворе, начальная концентрация металла и биомассы, реакционность иона металла и т. д.) [15].

Таблица 1 – Сорбция металлов различными биосорбентами [15–18]

Основа биосорбента	Обработка	Адсорбируемый ион	Биосорбционная емкость, мг/г
Cladrophora fascicularis	–	Cd^{2+}	1
S. cerevisiae	иммобилизованные		3,78
Phanerochaete chrysosporium	–		17
		Cu^{2+}	43,3
Canoal meal	–	Cd^{2+}	0,642
		Zn^{2+}	0,062
Scenedesmus quadriquada	–	Zn^{2+}	0,596
		Cu^{2+}	0,765
Albies alba	–	Cd^{2+}	1,75
Triticum aesctioum	–	Cd^{2+}	8,58
		Cu^{2+}	4,16
Azolla filiculoides	–	Cd^{2+}	86
		Zn^{2+}	62
		Cu^{2+}	48
Pleurotus florida	–	Cd^{2+}	3,21
	NaOH		9,76
Mucor rouxii	–	Cd^{2+}	6,94
		Zn^{2+}	4,89
	NaOH	Cd^{2+}	9,45
	H_3PO_4		0,94
Neurospora crassa	–	Cu^{2+}	0,54
	классическая обработка		12,28
	NaOH	Cd^{2+}	9,50
S. cerevisiae	NaOH	Cd^{2+}	17,97
		Zn^{2+}	23,4
		Cu^{2+}	20
	этанол	Cd^{2+}	2,08
		Zn^{2+}	1,7
		Cu^{2+}	9,82
S. cerevisiae	биомасса	Pb^{2+}	300
		Cu^{2+}	20
		Zn^{2+}	30
		Cd^{2+}	100
		Cr^{3+}, Ni^{2+}	40
		Ag^{+}, Pt^{+}, Pd^{+}	50
S. cerevisiae	иммобилизованные	Cu^{2+}	144,9

Основным фактором, влияющим на выбор культуры микроорганизма в целях сорбции для пивоварения, является осуществление сорбции без влияния на органолептические и физико-химические показатели пива, сравнительно легкое отделение биосорбента от конечного продукта (пива), возможность применения традиционной культуры микроорганизмов для пивоварения, разработка безотходной технологии.

К такой культуре относятся дрожжи *Saccharomyces cerevisiae,* которые показали себя как эффективные сорбенты [15].

Известно, что пиво приблизительно на 90 % состоит из воды, поэтому к ее составу предъявляются жесткие требования согласно СанПиН 2.1.4.1074-01. В данном регламенте оговариваются нормативные показатели по таким ионам, как Cl, H_2S, Al, NH_4, Fe, K, Ca, Cd, Ni, Na, As, Zn, Sr, Co и прочим. Все эти элементы обусловливают органолептические и физико-химические свойства воды. Соответственно, в ходе технологического процесса при затирании, например, все эти элементы переходят в сусло и контактируют в среде с дрожжами, тем или иным способом влияя на процесс брожения.

В табл. 2 приведено влияние некоторых катионов и анионов на метаболизм дрожжей [19].

Таблица 2 – Влияние различных ионов на дрожжи рода *Saccharomyces*

Ион	Лимитирующая концентрация	Характер влияния на дрожжи
Mg^{2+}	не более 170 мг/дм^3	входит в состав ферментов гликолиза, необходимых для роста и брожения
Ca^{2+}	не более 281 мг/дм^3	стимулирование флокуляции дрожжей, фактор роста
K^+	–	входит в состав ферментов и рибосом
Fe^{2+}	более 0,2 мг/дм^3	дегенерация дрожжей при концентрации
Mn^{2+}	не более 0,2 мг/дм^3	кофактор ферментов
Cu^{2+}	более 10 мг/дм^3	токсичный элемент
Zn^{2+}	0,1–0,2 мг/дм^3	стимуляция размножения
Cl^-	500 мг/дм^3	замедление брожения, снижение флокуляции
SiO_3^{2-}	более 10 мг/дм^3	замедляют брожение
Co^{2+}	100 г/кг	фактор роста

В нашей работе исследовался процесс сорбции нескольких ионов, особое внимание уделялось сорбции Fe^{2+} и Zn^{2+}: ионы Fe обладают угнетающим действием на рост и развитие дрожжей; ионы Zn, наоборот, необходимы для дрожжей в качестве фактора размножения.

При анализе биосорбции препаратов применяли фотоэлектроколориметрический метод определения ионов Fe^{3+} [20] и атомно-адсорбционный метод спектроскопии для определения ионов Zn^{2+} по ГОСТ30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов» и проводили сорбцию на основе модельных растворов солей $Fe_2(SO_4)_3*9H_2O$ и $ZnSO_4*7H_2O$.

Способность к сорбции Fe^{2+} исследовалась у нескольких биосорбентов: на основе цеолитов, циклодекстринов, на основе дрожжей – сравнивался уже разработанный биосорбент и экспериментальный. Как показали исследования, лучшей сорбционной способностью по отношению к ионам Fe^{2+} обладал сорбент, разработанный по нашей технологии, по сравнению с остальными испытуемыми образцами (табл. 3).

Сорбционная емкость разработанного нами препарата составила 73,2 мг/г микроэлемента, и она увеличивалась с увеличением возраста генерации дрожжей на 4–8 %, что хорошо согласуется с литературными данными, свидетельствующими о том, что по мере старения клеточной популяции толщина клеточных оболочек увеличивается. Можно сделать вывод о том, что и количество лиганд (протон-связывающих и металлсвязывающих сайтов) на поверхности биосорбента увеличивается, а это приводит к увеличению сорбции [22].

Таблица 3 – Сорбционная емкость ионов у различных видов сорбентов

Культура микроорганизма	Сорбционная емкость, мг/г сорбента				
	Ag^{+}	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Ca^{2+}
Saccharomyces cerevisiae	4,7	40,0	данных нет	данных нет	данных нет
Препарат на основе *Bacillus subtilis* (клеточные стенки)	данных нет	152,0	201,0	44,0	данных нет
Препарат на основе биомассы водорослей	127,0	данных нет	данных нет	данных нет	
Saccharomyces cerevisiae (живые клетки)	5,0	0,163			
Saccharomyces cerevisiae (мертвые клетки)	0,09	0,054			
ОД-2*	данных нет	данных нет	24,4		1,44
Препарат БС**			73,2		5,8

ОД-2* – препарат, полученный по технологии [21];
БС** – препарат по технологии, разработанной нами.

Исследование сорбционной способности ионов Zn^{2+} на различных биосорбентах показало, что сорбция биосорбентом, полученным нами, в присутствии органических кислот (были исследованы лимонная, молочная, янтарная и аскорбиновая кислоты) возрастает в 16–20 раз, что, вероятно, объясняется увеличением количества металл-связывающих сайтов на поверхности клеток биосорбента.

Таким образом, исследована биосорбционная способность препаратов, полученных на основе дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, и доказана перспективность их применения для оптимизации процесса брожения.

Список литературы

1. Хорунжина, С. И. Технологические и гигиенические аспекты использования природных и модифицированных цеолитов в производстве алкогольных и безалкогольных напитков : дис. … д-ра техн. наук : 05.18.07 / Хорунжина Светлана Ивановна. – М. : 1994. –402 с.

2. Грачева, И. М. Биохимические и физико-химические свойства амилаз и циклизующих ферментов, механизм образования циклодекстринов / И. М. Грачева, М. В. Гернет // Итоги науки и техники. Серия «Микробиология». – 1988. – С. 53–96.

3. Методы получения нанокомплексов биологически активных веществ с циклическими олигосахаридами, анализ их физико-химических свойств и использование в пищевом производстве / М. А. Капустин [и др.] // Труды БГУ. – 2016 – Т. 11, ч. 1. – С. 73–100.

4. Разделение производных энантиомеров аминокислот на аминированном β-циклодекстрине методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / И. А. Ананьев [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. – 2001. – Т. 42, № 4 – С. 273–277.

5. Пат. Российская Федерация. Способ получения биосорбентов / С. М. Кунижев [и др.] // Патент RU 2273516, заявка 2002105544/15, 2002 г.

6. Карманов, А. П. Способ получения сорбентов / А. П. Карманов, Л. С. Колчева, И. И. Шуктомова // Патент RU 2163505, заявка от 29.02.2012 г.

7. Рачковская, Л. Н. Способ получения адсорбентов / Л. Н. Рачковская, Ю. И. Бородин, Т. А. Асташкова [и др.] // Патент RU 2126293, заявка 07.05.1998 г.

8. Величко, Б. А. Способ получения биосорбентов / Б. А. Величко, Л. Н. Кириллова, Л. А. Тумовский [и др.] // Патент RU 2077571, заявка 25.11.1993 г.

9. Текуцкая, А. А. Способ применения биосорбента для выведения из организма тяжелых металлов / Е. Е. Текуцкая, Н. П. Онищенко, Г. Л. Лошкарева [и др.] // Патент RU 2137399, заявка 07.04.1998 г.

10. Колесникова, В. Ф. Способ получения пищевого биосорбента / В. Ф. Колесникова, В. И. Колесников // Патент RU 2219997, заявка 17.01.2002 г.

11. Антоненко, М. В. Перспективы применения сорбента на основе инактивированных дрожжевых клеток в технологии виноградных соков с целью удаления фунгицидов группы триазолов / М. В. Антоненко, Т. И. Гугучкин // Вестник ГНУ СКЗ НИИ СиВ Россельхозакадемии. – 2012. – № 3 – С. 12–17.

12. Комиссарчик, С. М. Получение биосорбентов для выявления синтетических пищевых красителей в напитках : автореф. дис. … канд. техн. наук : 03.01.06 / Комиссарчик Софья Марковна. – СПб., 2011. – 19 с.

13. Лескива, М. В. Очистка товарного электролита от примесей цветных металлов после десорбции золота с активированного угля / М. В. Лескива, Н. В. Белоусова, С. В. Дроздова // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2012. – Vol. 7. – P. 744–751.

14. Биосорбция металлов эукариотными микроорганизмами: анализ методом icp-ms / В. В. Пухов [и др.] // Biogeochemistry and Biotechnology. – 2015. – Vol. 21. – P. 10–15.

15. Farhan, S. N. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions by *Saccharomyces Cerevisiae* / S. N. Farhan, A. A. Khadom // International journal of industrial chemistry. – 2015. – Vol. 6. – P. 119–130.

16. Cd (II), Zn (II) and Cu (II) bioadsorbtion on chemically treated waste brewery yeast biomass: the role of functional groups / S. Tonk [et al.] // Acta Chimica Slovenica. – 2015 – Vol. 62. – P. 736–746.

17. Stanila, A. Identification of free ammino acids in *Saccharomyces cerevisiae* living cells after heavy metals ions biosorbtion / A. Stanila // ProEnvironment. – 2017. – Vol. 10. – P. 135–139.

18. Cd (II), Zn (II) and Cu (II) bioadsorbtion on chemically treated waste brewery yeast biomass: the role of functional groups / S. Tonk [et al.] // Acta Chimica Slovenica. – 2015 – Vol. 62 – P. 736–746.

19. Меледина, Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении / Т. В. Меледина. – СПб. : Профессия, 2003. – С. 112.

20. Трубачева, Л. В. Исследование возможности определения низких концентраций ионов железа (III) в природных водах фотометрическим методом в присутствии сульфосалициловой кислоты / Л. В. Трубачева, С. Ю. Лоханина, О. О. Кощеева // Вестник Удмуртского университета. Физика и химия. – 2010 – Вып. 1. – С. 67–73.

21. Карпенко, Д. В. Разработка технологии получения биосорбентов на основе осадочных пивных дрожжей и их применения для производства пива, этилового спирта и других пищевых продуктов : дис. … д-ра техн наук : 05.18.07 / Карпенко Дмитрий Валерьевич. – М., 2005. – 365 с.

22. Переломов, Л. В. Молекулярные механизмы взаимодействия между микроэлементами и микроорганизмами в биокосных системах (биосорбция и биоаккумуляция) / Л. В. Переломов, И. В. Переломова, Д. Л. Пинский // Агрохимия. – 2013. – № 3. – С. 80–94.

УДК 664.8.022.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ КАПСУЛ КАПЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ

А. К. Какимов*, А. А. Майоров**, Н. К. Ибрагимов*, Г. А. Жумадилова*, А. М. Муратбаев*
*ГУ имени Шакарима города Семей, г. Семей, Республика Казахстан
**Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул, Россия

Технологии инкапсуляции широко применяются в химико-фармацевтической отрасли, пищевой промышленности, в сельском хозяйстве и других отраслях.

Инкапсулирование – это физико-химический или механический процесс заключения мелких частиц вещества (твердого, жидкого или газообразного) в оболочку из пленкообразующего материала для получения частиц диаметром от нескольких нанометров до нескольких миллиметров [1].

Сегодня, инкапсулирование – это интенсивно разрабатываемая технология, которая нашла широкое применение в различных отраслях промышленности и является хорошим примером использования микротехнологий в науке о пище и биотехнологии [2].

Существуют различные типы инкапсуляции – тип «резервуара» и тип матрицы. В первом случае, инкапсулирующий материал образует оболочку вокруг инкапсулируемого материала и, следовательно, может называться капсулой. В случае типы матрицы – активный агент диспергирован в несущем материале, но также может находиться и на поверхности инкапсулирующего вещества. Комбинирование этих двух методов дает возможность получить третий тип инкапсуляции – матрица, в которой активный агент покрыт пленкой. Технология инкапсулирования обычно включает три стадии. Первая стадия состоит из включения биоактивных компонентов в жидкую или твердую матрицу. В том случае, если основа является жидкостью, то включение будет происходить методом растворения или диспергирования в матрице, а если основа является твердым веществом, то введение будет проводиться методом агломерации или адсорбции [3].

Для подбора адаптированного варианта метода изготовления микрокапсул в лаборатории кафедры «Стандартизация и биотехнология» Государственного университета имени Шакарима города Семей нами былипроведены предварительные эксперименты, на основании которых был выбран капельный метод инкапсулирования [4].

Капельная технология состоит во внесении альгинатного раствора/суспензии, содержащего активный компонент в ванну с раствором хлорида кальция в виде капель [5].

В качестве формирующего устройства использовали медицинский одноразовый шприц объемом 2 мл и инсулиновый шприц с доработанными иглами. При использовании одноразового шприца были получены капсулы большего размера, чем при использовании инсулинового. Это объясняется разницей в диаметре игл использованных шприцов[6].

В качестве гелеобразующего состава был выбран желатин с добавлением альгината, в качестве формообразующей жидкости применялся хлорид кальция.

Альгинатные гидрогели широко используются в инкапсулировании клеток [7] и альгинат кальция предпочтительнее для инкапсулирования пробиотиков в виду его простоты использования, не токсичности, биосовместимости и низкой стоимости [7, 8].

Свойства альгинатов были использованы для формирования микрокапсул с помощью процесса экструзии. Процесс экструзии предполагает продавливание раствора альгината определенной концентрации через формующее отверстие (наиболее используемое в технологии инкапсулирования пробиотиков – через отверстие иглы) в раствор хлорида кальция, катионы диффундируют внутрь альгинатной частицы и формируют гелевую альгинатную матрицу. Этот метод получил название «диффузионный метод» или метод «external gelation» [9].

«Гелеобразование In situ», или internal gelation, позволяет использовать нерастворимые в воде кальциевые соли, такие как $CaCO_3$, которые смешиваются с раствором альгината. Ионы кальция, впоследствии, освобождаются из фазы альгината путем снижения

pH растовра и/ или увеличения растворимости исходного кальция в результате формирования альгинатного геля [9].

Имеются и недостатки использования альгината в технологии инкапсулирования:

1. Весьма затруднителен процесс масштабирования;
2. Микрочастицы имеют пористую структуру, что является недостатком при защите клеток;
3. Альгинатные микрокапсулы чувствительны к кислой среде.

Однако, эти недостатки могут быть компенсированы путем смешивания альгинатов с другими полимерными соединениями, покрытия капсул пленкой, либо применения структурных модификаций альгината [10].

Вязкость гелеобразующей жидкости определяли ротационным вязкозиметром RVT фирмы Brookfield.

Для подбора температурного режима получения капсул измеряли вязкость при различных температурах (30°С, 40°С, 50°С) жидкости.

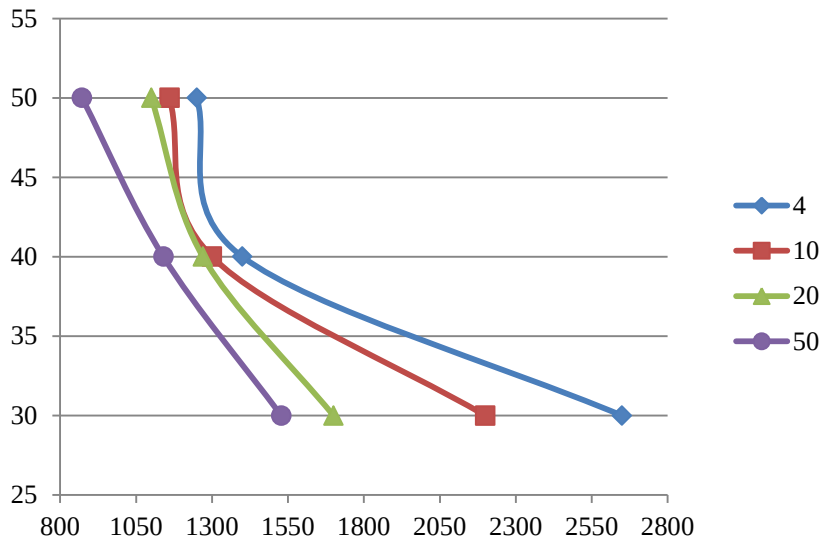


Рисунок 1 – Вязкость жидкости при содержании альгината 1,5 % в зависимости от температуры

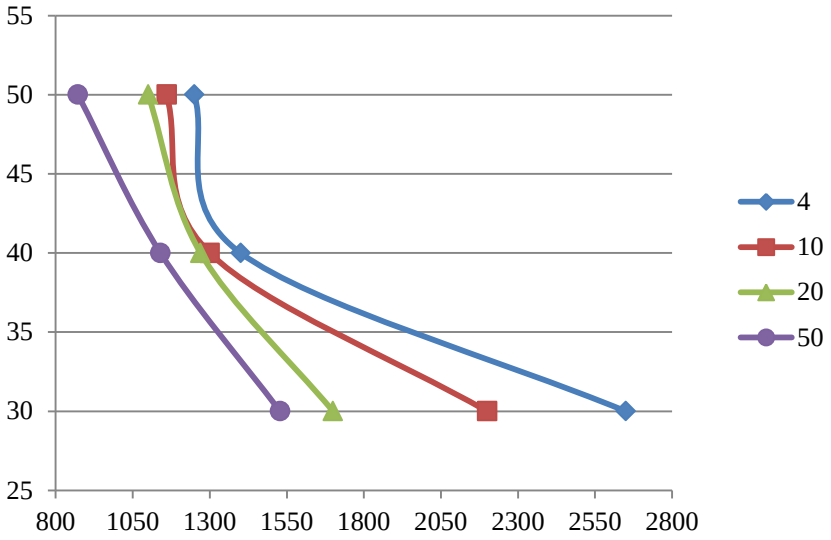


Рисунок 2 – Вязкость жидкости при содержании альгината 1 % в зависимости от температуры

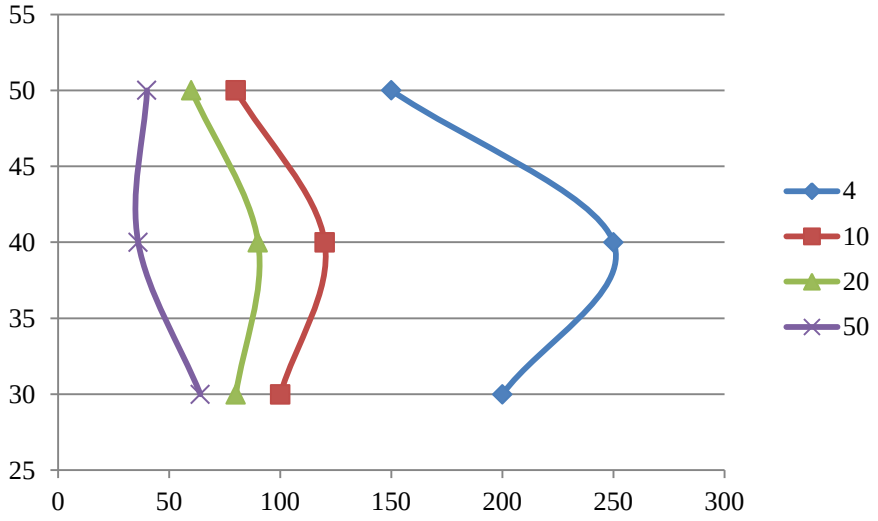


Рисунок 3 – Вязкость жидкости при содержании альгината 0,5 % в зависимости от температуры

Из графиков видно, что при температуре 50°С вязкость гелеобразующей жидкости меньше, чем при 30°С и 40°С, меньшая вязкость гелеобразующей жидкости позволяет получить стабильные размеры и правильную форму капсул.

Для подбора процентного соотношения состава гелеобразующего раствора мы взяли 1 % желатина и меняли процентовкуальгината до получения оптимального размера и формы капсул.

В первом случае, взяли 0,5 % альгинат и 1 % желатин (рис. 4).

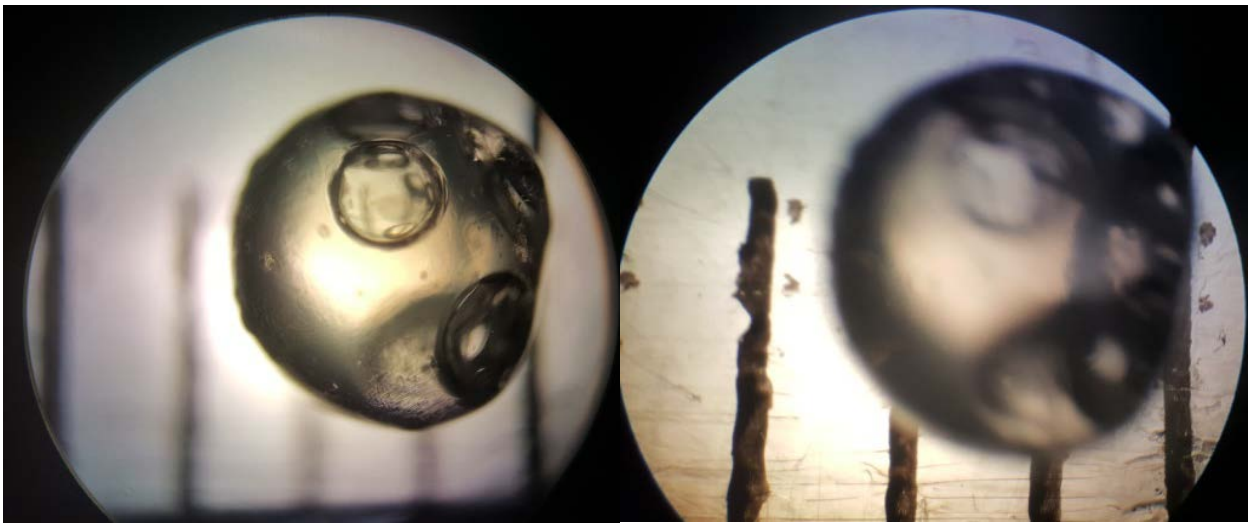


Рисунок 4 – Капсулы, содержащие 0,5% альгинат

Полученные капсулы имеют неправильную форму и неоднородную структуру, мягкую консистенцию, легко разрушаются при физическом воздействии. Размер капсул в пределах 1,8–2,5 мм.

Во втором случае, взяли 1 % альгинат и 1 % желатин (рис.5).

Полученные капсулы имеют округлую форму и однородную структуру, устойчивы при физическом воздействии и имеют размер 2,7–3 мм.

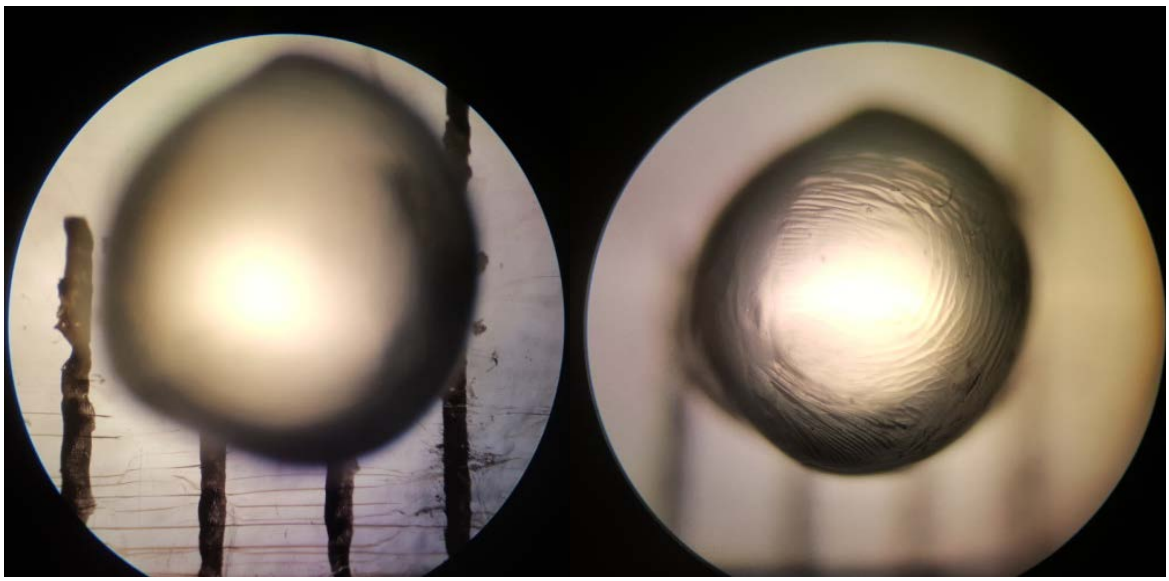


Рисунок 5 – Капсулы, содержащие 1 % альгинат

В третьем случае, взяли 1,5 % альгинат и 1 % желатин (рис. 6).

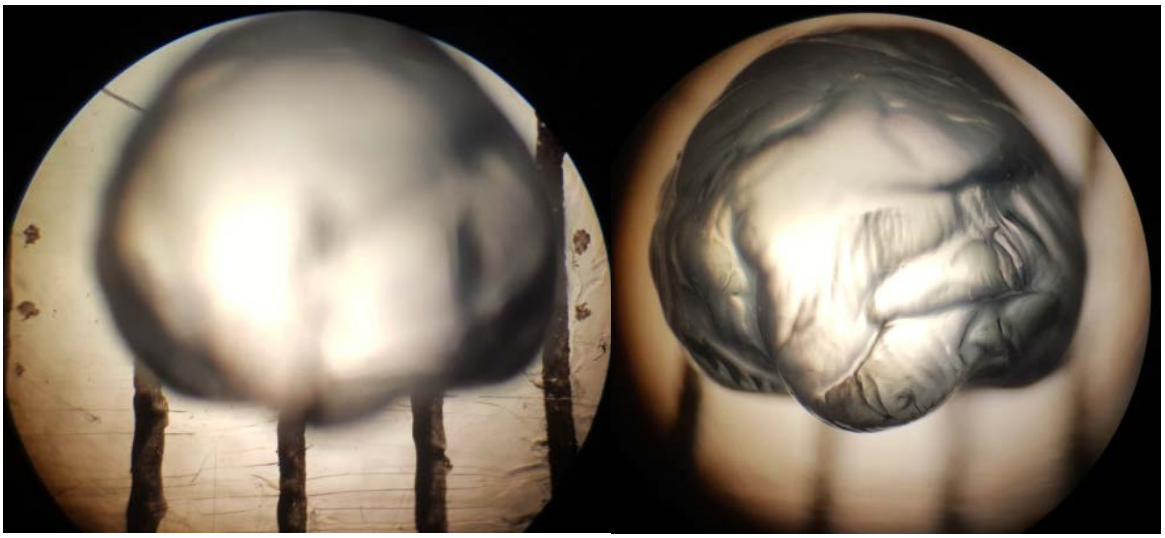


Рисунок 6 – Капсулы, содержащие 1,5 % альгинат

Капсулы получились твердыми на ощупь, с прочной многослойной оболочкой, имеют неправильную форму и неоднородную структуру. Размер 3–3,4 мм.

На основе проведенных экспериментов можно сделать вывод: что наиболее оптимальным вариантом является состав капсул, содержащих 1 % альгината и 1 % желатина, раствор следует применять при температуре 50°С. Капсулы изготовленные из этого состава имеют красивую округлую форму, одинаковый размер, мягкую консистенцию, но устойчивую для физического воздействия.

На основе проведенных предварительных экспериментов была разработана и изготовлена экспериментальная установка. За основу был взят принцип работы струйного принтера. Установка для инкапсулирования сделана за счет средств гранта МОН РК по теме «Научно-практическое обоснование использования инкапсулированных синбиотических препаратов, обладающих иммуностимулирующей активностью, в производстве молочных продуктов», в Сибирском научно-исследовательском институте сыроделия г. Барнаул. Установка опробована и получены результаты – капсулы диаметром 4мм–5мм (рис. 7).

Рисунок 7 – Капсулы, полученные на экспериментальной установке

На данный момент на конструкцию установки подана заявка на изобретение.

Список литературы

1. Ильюшенко, Е. В. Инкапсулирование биологически активных веществ с использованием обратных микроэмульсий // Автореф. дис. ... канд. хим. наук, М., 2012.
2. Microencapsulation in food science and biotechnology / Nazzaro [et al.] // Current Opinion in Biotechnology. – 2012. –№ 23. – P. 182–186.
3. Инкапсулирование биологически активных добавок и их использование при производстве пищевых продуктов: монография / А. К. Какимов [и др.]. – РГП на ПХВ Государственный университет имени Шакарима города Семей. – Семей, 2017. – 223 с.
4. Encapsulation of Lactobacillus Casei into Calcium Pectinate-Chitosan Beads for Enteric Delivery / A. Bepeyeva [et al.] // Journal of Food Science. – 2017. – Vol. 82. – P. 2954–2959.
5. Amino Acid Composition of Sour-milk Drink with Encapsulated Probiotics / A. Kakimov [et al.] // Annual Research & Review in Biology. – 2017. – № 18(1). – P. 1–7. Article no. ARRB.36079.
6. Получение капсул капельным методом / А. К. Какимов, А. А. Майоров, Н. К. Ибрагимов, Г. А. Жумадилова // Материалы VII Международной научно-технической конференции «Казахстан-Холод 2017». – Алматы, 2017. – С. 107–109.
7. Encapsulation of probiotic living cells: From laboratory scale to industrial applications / J. Burgain, C. Gaiani, M. Linder, J. Scher // Journal of Food Engineering. – 2011. – № 104. – P. 467–483.
8. Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery. Review / M. T. Cook, G. Tzortzis, D. Charalampopoulos, V. V. Khutoryanskiy // Journal of Controlled Release. – 2012. – P. 56–67.
9. Preparation methods of alginate nanoparticles / J. P. Paques, E. van der Linden, Cees J.M. van Rijn, L. M.C. Sagis // Advances in Colloid and Interface Science. – 2014. – P. 163–171.
10. Vivek, K. B. Use of encapsulated probiotics in dairy based foods / K. B. Vivek // International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences. – 2013. – P. 188–199.

УДК 66.096.4+615/615.9

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУР ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ

М. А. Капустин*, А. С. Чубарова*, В. П. Курченко*, Л. Н. Журихина**, В. Г. Цыганков**, А. М. Бондарук**
*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь
**Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены», г. Минск, Республика Беларусь

Микро- и макронутриенты составляют основу питательных веществ, необходимых организму человека и животных для нормального роста и развития, адекватного функционирования всех систем органов и поддержания гомеостаза [1]. В качестве эссенциальных нутриентов выступают аминокислоты, минеральные вещества, водо- и жирорастворимые витамины. Так, для нормального функционирования, человек ежесуточно должен потреблять помимо воды, белков, жиров, углеводов, микро- и макроэлементов – необходимые количества витаминов группы В, аскорбиновой кислоты, витаминов A, D, E, K, эссенциальных жирных кислот, и прочих соединений [2].

Следует отметить, что многолетние исследования в области гигиены питания, диетологии и функционального питания, фармакогнозии и фармацевтической технологии показали, что, зачастую, комбинации биологически активных соединений в определенных соотношениях, позволяют значительно усилить их активность, а также повысить биологическую ценность и активность комплексных пищевых добавок на основе микронутриентов и биологически активных соединений, по сравнению с монокомпонентными аналогами [3]. Современной тенденцией является поиск эффективных комбинаций традиционно используемых биологически активных соединений, растительных экстрактов и препаратов для создания композиций, обладающих новыми физико-химическими свойствами и биологическими активностями для использования в составе функциональных продуктов питания.

Биологически активные соединения растительного происхождения, в частности полифенольные, терпеновые и терпеноидные соединения, фенольные гликозиды, фенилпропаноидные соединения обладают широким спектром биологических активностей: антиоксидантной, генопротекторной, иммуномодулирующей, антимутагенной, адаптогенной, противораковой, бактерицидной, фунгицидной, антипротозойной, противоаллергической и пр. [3–8] Применение этих биологически активных соединений в виде монокомпонентных и комбинированных растительных препаратов зарекомендовало себя в качестве эффективных лекарственных средств, использование которых в комплексной терапии многочисленных заболеваний и функциональных расстройств позволяет модулировать защитные свойства организма, снизить негативные последствия стрессовых состояний и значительно сократить сроки выздоровления [4, 5, 7, 9]. Также необходимо отметить, что биологически активные соединения растительного происхождения широко применяются в составе биологически активных добавок к пище, а также в качестве активных компонентов продуктов функционального, профилактического и лечебного питания [4, 5, 6].

Особого внимания заслуживает решение проблемы комбинирования в составе одного препарата соединений с кардинально разнящимися физико-химическими свойствами. Так, соединения, обладающие низкой термо- и фотостабильностью, активно окисляющиеся под воздействием кислорода воздуха или активных компонентов, присутствующих в композиции, накладывают ограничения на качественный состав продукта, а также требуют особых условий и сроков хранения. Также определенную сложность представляет создание композиций, включающих в состав одновременно гидрофильные и гидрофобные соединения и пр.

Одним из перспективных решений описанной выше проблемы представляется использование в составе функциональных препаратов и продуктов питания не нативных биологически активных соединений и микро- и макронутриентов, а мультикомпонентных наноструктурированных композиций этих субстанций на основе нативных и модифицированных циклодекстринов [10].

В качестве основы для создания таких наноструктур может выступать бета-циклодекстрин (BCD*)*. Порошок бета-циклодекстрина (E459) представляет собой уникальные природные наноструктуры снабженные гидрофобной внутренней полостью, и гидрофильной внешней поверхностью. Это так называемые молекулярные контейнеры, которые способны удерживать во внутренней полости неполярные, неионизированные молекулы вещества «гостя». Взаимодействие циклодекстрина с молекулами вещества «гостя» приводит к образованию комплексов включения, так называемых наноструктур, что придает гидрофобным молекулам вещества «гостя» уникальное свойство растворяться в водной фазе за счет гидрофильной наружной поверхности молекулярного контейнера. Комплексы, образующиеся с циклодекстринами, относятся к так называемым комплексам включения или кавитатам. Пространственная геометрия молекул циклодекстрина позволяет различным соединениям размещаться во внутренней гидрофобной полости с образованием молекулярного комплекса включение типа гость-хозяин. Стабильность формирующихся наноструктур обусловлена образованием разнообразных нековалентных сил взаимодействия между молекулами циклодекстрина и «гостя»: Ван-дер-Ваальсовых, гидрофобных и др. [10].

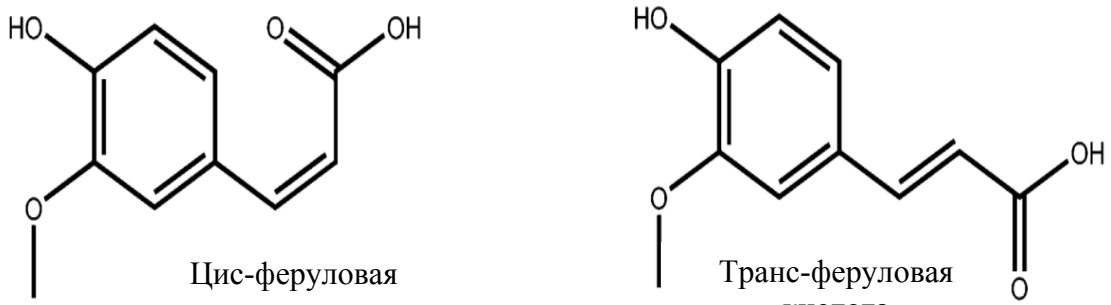
Циклодекстрин в составе наноструктур комплекса включения, защищает молекулу «гостя» от повреждения различными реактивными молекулами и тем самым снижает скорость окисления, стерических перегруппировок, гидролиза, рацемизации и ферментативной деструкции активных компонентов, что значительно расширяет возможности комбинирования биологически активных соединений в составе композитных препаратов [11].

Необходимо отметить, что оценка токсичности композитных наноструктур комплекса биологически активных соединений на основе циклодекстринов, которые предполагается применять в составе биологически активных добавок, функционального питания и лекарственных препаратов, является чрезвычайно важным этапом проводимых исследований. При сочетанном введении в организм биологически активных веществ они могут значительно влиять на фармакодинамику и фармакокинетику компонентов конечных композиций. При этом могут значительно изменяться значения $ЛД_{50}$ при анализе острой, подострой и хронической токсичности в случае введения в организм наноструктурированных мультикомпонентных композиций по сравнению с нативными соединениями или монокомплексами [12].

Среди природных биологически активных веществ особый интерес заслуживают соединения фенилпропаноидного ряда, обладающие широким спектром биологических активностей [13, 14].

Особого внимания заслуживают соединения, обладающие выраженными антиоксидантными, антирадикальными, противоаллергическими и гепатопротекторными свойствами. Одним из таких соединений является феруловая кислота (FA) [15].

Впервые феруловая кислота (4-гидрокси-3-метоксикоричная кислота, брутто формула $C_{10}H_{10}O_4$, P_{ow} = 1,51; Mr = 194,186; CAS-№: 537-98-4, FA) была выделена из растения *Ferula foetida St.-Lag.* В 1925 году это соединение было синтезировано химически. Структура феруловой кислоты приведена на рисунке 1. В боковой цепи FA присутствует ненасыщенная двойная связь, что обуславливает существование этого соединения в цис- и транс-изомерных формах [16]. Двойная связь, присутствующая в боковой цепи, обуславливает возможность формирования стабильного феноксильного радикала, ответственного за проявление антиоксидантных свойств FA [15, 16].



Цис-феруловая кислота

Транс-феруловая кислота

Рисунок 1 – Структурные формулы изомеров транс-3-метокси-4-гидроксициннамовой кислоты [16]

Благодаря комплексу выраженных биологических активностей представляется целесообразным использование феруловой кислоты в составе БАД, функциональных продуктов питания, питания для спортсменов. Следует отметить, что FA под воздействием УФ-излучения, высоких температур и окислителей быстро разрушается с образованием ванилина и ряда других соединений, а также обладает низкой растворимостью в воде [15]. Для модификации физико-химических свойств FA целесообразно создание наноструктур комплексов включения FA с циклодекстринами и использование таких наноструктурированных форм в продуктах питания различного назначения.

Цель исследования: разработать эффективный метод получения наноструктур комплексов включения FA с BCD, исследовать термическую стабильность и провести токсиколого-гигиеническую оценку полученных наноструктур.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования была взят препарат транс-феруловой кислоты (Fluka). В работе использовались бета-циклодекстрин (BCD, М.в. = 1134,98 г/моль, «Sigma»), спирт этиловый технический (96%, марка «Экстра-М», ГОСТ 18300-87, ОАО «Белхим»), вода деионизированная MiQ, ацетонитрил (HPLC Gradient grade, Fisher Chemical), уксусная кислота ледяная (ХЧ, ГОСТ 61-75, АО «Реахим»).

Комплексы включения FA с BCD были получены методом сорастирания с высушиванием при температуре 40 °C (GR) и методом соиспарения с последующей лиофилизацией (EVAP) [10].

Комплексы включения были получены при молярных соотношениях FA:BCD 1:2 и 1:4. В качестве контроля были приготовлены физические смеси компонентов (PM), взятых с такими же соотношениями.

Анализ состава полученных комплексов проводился с использованием ВЭЖХ системы Agilent 1100/1200, оборудованной диодно-матричным детектором, на обратно-фазной колонке Zorbax SB-C18 (3,5 мкм, 3,0x150 мм). Количественное определение FA в составе наноструктур проводили методом ВЭЖХ в изократическом режиме в системе вода / ацетонитрил/уксусная кислота 50/60/1. Детекцию проводили на длине волны 320 нм. Концентрацию определяли методом калибровочных кривых.

Определение изменения термостабильности FA при образовании наноструктур комплексов включения проводили методом термического анализа с использованием термоаналитической системы Mettler Toledo (Швейцария). Стабильность образцов была проанализирована в атмосфере воздуха (происходила термоокислительная деструкция образцов) при скорость нагрева 5 °C*мин$^{-1}$ в диапазоне температур 5–600 °C, скорость потока воздуха – 20 мл*мин$^{-1}$, масса навески 10–10,5 мг. Образец нагревали в керамическом тигле цилиндрической формы. Обработка результатов измерений осуществлялась с помощью пакета программ Lab Mettler Star 9.20, поставляемого с прибором.

Определение параметров острой, подострой и хронической токсичности наноструктур комплексов включения FA с BCD: $ЛД_{16}$, $ЛД_{50}$, $ЛД_{84}$, $К_{кум}$, проводили на стерильной культуре инфузории *Tetrahymena pyriformis* в стационарной фазе роста, поддерживаемой в стандартной питательной среде при 25 °С. Длительность острого эксперимента составляла 5 часов, при проведении эксперимента по исследованию подострой токсичности – 24 ч, при исследовании хронической токсичности – в течение всего жизненного цикла. Исследование токсичности комплексов проводилось в трехкратной повторности в разное время с двумя параллельными пробами. Эффект токсического действия оценивался по альтернативному состоянию «жизнь – смерть».

Для проведения анализа образцы наноструктур тщательно измельчали с использованием лабораторной мельницы и стандартизировали по размеру с использованием лабораторного сита. Для обеспечения поглощения препарата инфузориями, размер частиц задавали до 225 нм. Комплексы измельчались в лабораторной мельнице трижды по 5 минут, затем просеивался через сито с диаметром ячеек 0,2 мм. Затем готовили водные суспензии наноструктур комплексов включения BCD с FA, pH которых доводили до 7,0 при помощи 1N NaOH.

После проводили определение смертельной и недействующей концентрации полученного препарата и готовили несколько промежуточных концентраций. По 1 мл суспензии каждой концентрации вносили в два полипропиленовых флакона. В каждую пробу вносили инокулят инфузорий в стационарной фазе роста (100000±1000 организмов) и инкубировали в течение заданного времени. По завершении срока инкубации под микроскопом в нативном препарате наблюдали картину интоксикации. В счетной камере Фукса-Розенталя подсчитывали число погибших инфузорий до их фиксации и общее число инфузорий после фиксации 5 % раствором йода. При подсчете процента летальности учитывали число лизированных клеток. Пробит-анализ кривой летальности проводили с использованием общепринятых в токсикологии методов [17]. По результатам расчета процента летальности тест-объекта в остром и подостром экспериментах устанавливают основные параметры токсичности объекта $ЛД_{16}$, $ЛД_{50}$, ЛД. Ошибку DL_{50} рассчитывали путём статистической обработки результатов 3 определений с определением средней арифметической каждого вариационного ряда и стандартной ошибки.

Для проверки правильности расчета строили график. По оси ординат откладывали пробиты для испытанных доз, по оси абсцисс – места испытанных доз. Совпадение $ЛД_{16}$, $ЛД_{50}$, $ЛД_{84}$ расчетных с графическими свидетельствует о правильности этих данных.

Коэффициент кумуляции ($К_{кум}$) определяли как частное между средней смертельной дозой, полученной в подостром эксперименте и средней смертельной дозой, полученной в остром эксперименте [18].

По результатам оценки средней смертельной дозы и кумулятивных свойств устанавливали класс токсичности исследуемых веществ в остром эксперименте.

Результаты и обсуждение

Из полученных данных следует, что при получении наноструктур FA с BCD наиболее эффективный процесс образования комплексов происходит при использовании комбинированного метода соиспарения с последующей лиофилизацией. Для получения наноструктур феруловой кислоты нами были взяты необходимые навески этой субстанции и BCD. FA растворяли в 96% этиловом спирте при температуре 20 °С. BCD растворяли в деионизированной воде и инкубировали на термостатируемой магнитной мешалке до полного растворения при температуре 85–90 °С. После завершения растворения, полученные растворы фильтровали через шприцевой фильтр с размером пор 0,22 мкм. Затем к растворам BCD, охлажденным до 50 °С при интенсивном перемешивании небольшими порциями прибавляли раствор FA. После интенсивного перемешивания в течении 2-х часов и охлаждения до 20 °С, полученную смесь замораживали и лиофилизировали в течение 24 часов. Полученный порошок растирали до мелкодисперсного гомогенного препарата и просеивали через сетчатое сито с размером ячеек 0,02 мм. Поскольку BCD был взят в

избытке, промывку наноструктур комплексов включения органическими растворителями не проводили.

Анализ полученного препарата методом ВЭЖХ показал, что содержание FA в комплексах с бета-циклодекстрином составило 78,7 мг/г и 38,9 мг/г при молярных соотношениях FA:BCD 1:2 и 1:4 соответственно.

Термический анализ полученных образцов наноструктур клатратных комплексов, образцов физических смесей и чистых стандартов соединений осуществлялся с помощью термогравиметрии с последующей математической обработкой полученной кривой потери массы (ТГ) и вычислением кривой скорости изменения массы образца в зависимости от температуры системы (ДТГ). В случае фазовых переходов и изменения состояния образца, сопровождающихся изменением массы образца, на кривых ТГ и ДТГ появляются площадки или изломы. На рисунках 2–16 представлены результаты термогравиметрического анализа BCD, FA и их комплексов с циклическими олигосахаридами, полученными при молярном соотношении 1:2.

Для каждого образца установлены стадии термического разложения в условиях программируемого нагрева от 20 °С до 600 °С со скоростью 5 °С*мин$^{-1}$ (ТГ/ДТГ) их температурные интервалы и убыль массы.

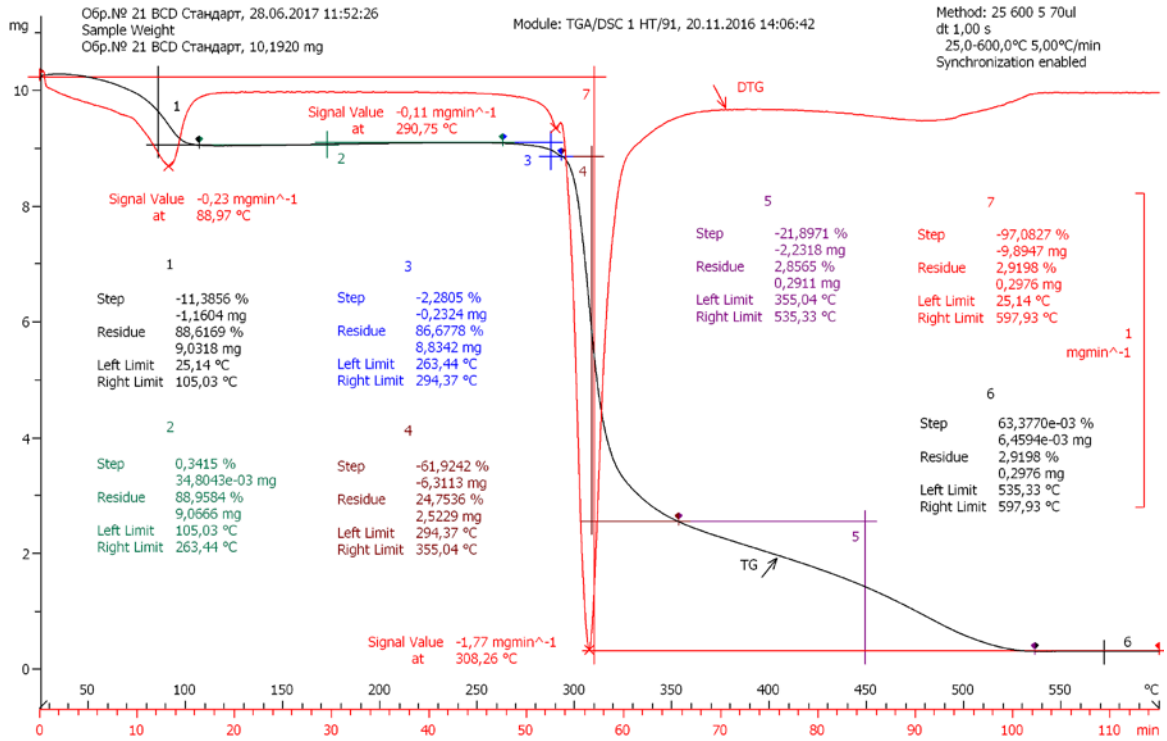


Рисунок 2 – Термогравиметрический анализ стандарта бета-циклодекстрина

На рисунке 2 приведены кривые ТГ (TG) и ДТГ (DTG) для BCD. Из анализа полученных кривых видно, что BCD содержит значительное количество связанной влаги – 11,3 %. При нагреве от 25 °С до 105 °С наблюдаются соответствующий пик потери массы на кривых ДТГ. Температура максимальной скорости окислительной деструкции приходится для BCD на 308,26 °С и составляет 1,77 мг*мин$^{-1}$.Также для образца BCD характерно наличие дополнительного пика потери массы, с максимумом скорости приходящимся на 290,75 °С и составляющих 0,11 мг*мин$^{-1}$. Остановка реакции термодеструкции для BCD наблюдается при 535,33 °С (кривые ТГ и ДТГ выходят на плато), остаточная зольность составляет 2,92 %.

На рисунке 3 приведены кривые ТГ и ДТГ для FA. На кривой ДТГ FA имеется два основных пика потери массы. Температура максимальной скорости окислительной

деструкции этого образца составляет 245,04 °С, а скорость – 0,76 мг*мин$^{-1}$. Второй пик находится в диапазоне температур 437–521 °С. Температура максимальной скорости потери массы в этом диапазоне составляет 500,72 °С, а скорость – 0,14 мг*мин$^{-1}$. Остановка реакции термодеструкции для FA наблюдается при 521,09 °С, остаточная зольность составляет 2,94 %.

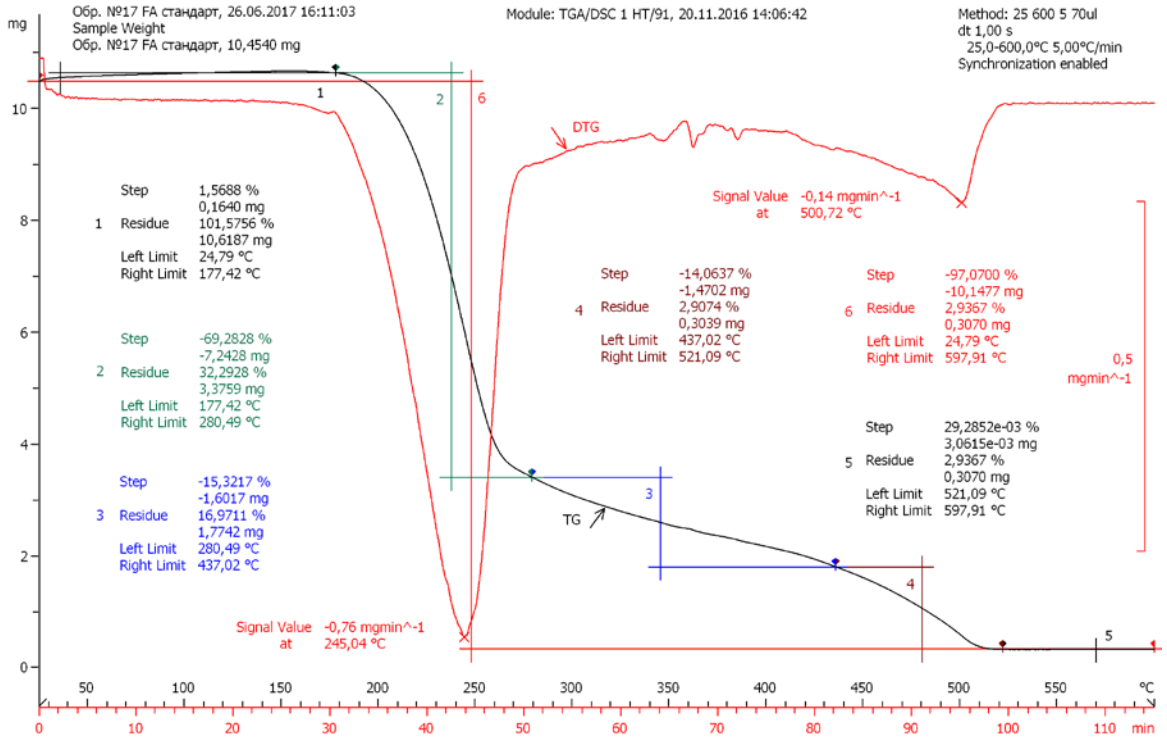


Рисунок 3 – Термогравиметрический анализ стандарта феруловой кислоты

На рисунках 4–6 приведены кривые ТГ и ДТГ, полученные для образцов наноструктур комплексов включения FA с BCD и их физической смеси.

На рисунке 4 приведены кривые ТГ и ДТГ образца наноструктур комплексов включения BCD и FA, полученных комбинированным методом соиспарения с последующей лиофилизацией.

Из рисунка 4 видно, что в результате образования наноструктур комплексов включения изменился характер кривой ДТГ. Так, в температурном диапазоне 200,4–276,18 °С появился новый пик и наблюдается смещение пиков, характерных для FA и BCD, что свидетельствует о стабилизации и повышении устойчивости FA к окислительной термодеструкции в составе комплексов включения с BCD. Также наблюдается смещение пика основной потери массы из диапазона температур 294,37–355,04 °С, характерного для BCD в область 290–366 °С.

На рисунке 5 приведены кривые ТГ и ДТГ образца наноструктур комплексов включения BCD и FA, полученных методом сорастирания при молярном соотношении 2:1.

Из рисунка 5 видно, что при получении наноструктур методом сорастирания происходит менее эффективное образование комплексов включения. На кривой ДТГ присутствует дополнительные пики потери массы в диапазоне температур 160–210 °С и 210–260 °С, коррелирующие с температурным диапазоном потери массы образца нативной FA (рисунок 2). Также в температурном диапазоне 210–285, °С наблюдается смещение температурных границ пика, характерного для образца наноструктур FA и BCD с 276,18–290,13 °С в диапазон температур 265,26–285,31 °С, что свидетельствует о меньшей стабилизации FA к окислительной термодеструкции в составе наноструктур комплексов включения с BCD. Также наблюдается смещение пика основной потери массы из диапазона

температур 290–366 °С, характерного для образца наноструктур, полученных комбинированным методом соиспарения с последующей лиофилизацией в область 285–355 С.

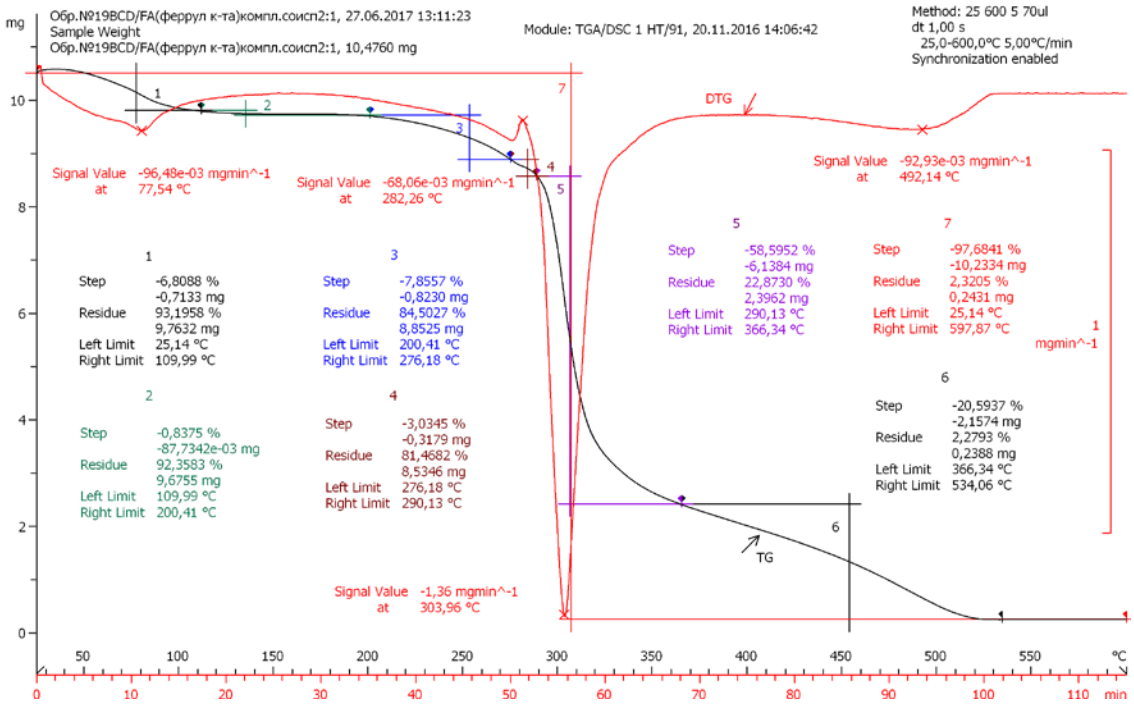


Рисунок 4 – Термогравиметрический анализ наноструктур комплекса включения феруловой кислоты с бета-циклодекстрином, полученного комбинированным методом соиспарения и лиофилизации

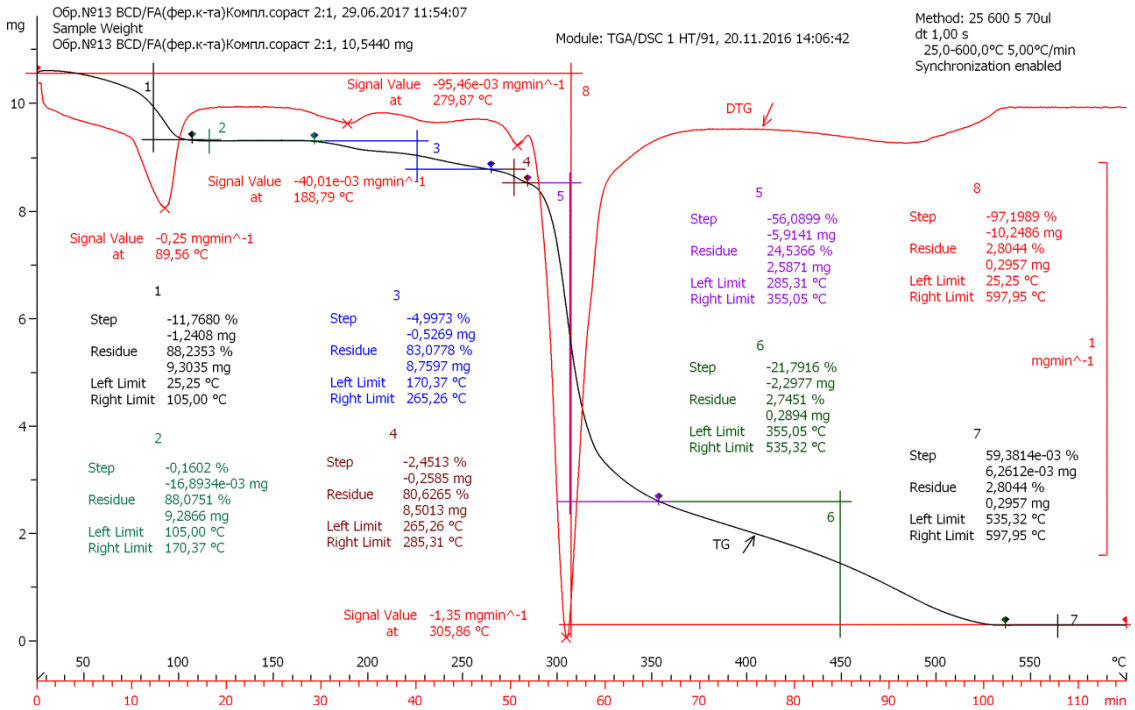


Рисунок 5 – Термогравиметрический анализ наноструктур комплекса включения феруловой кислоты с бета-циклодекстрином, полученного методом сорастирания

Практически идентичный характер с образцом, полученным методом сорастирания имеют кривые ТГ и ДТГ для образца физической смеси FA и BCD (рисунок 6), что позволяет сделать вывод о неэффективности метода сорастирания для получения наноструктур комплексов включения FA и BCD.

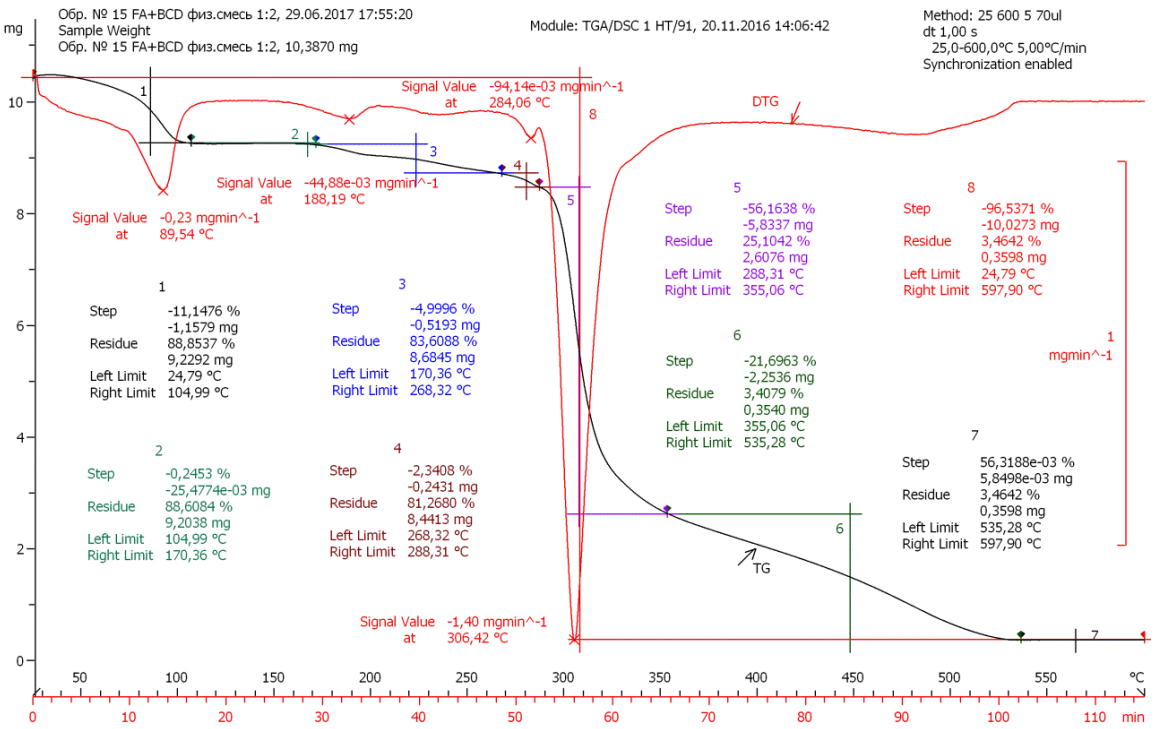


Рисунок 6 – Термогравиметрический анализ физической смеси феруловой кислоты и бета-циклодекстрина

Таким образом, с использованием методов термического анализа проведен анализ изменения характера протекания окислительной термодеструкции феруловой кислоты при образовании наноструктур с BCD. Показано, что в результате наноструктурирования происходит смещение температурных границ основных этапов деструкции этих соединений и снижается скорость их протекания, в связи с чем, можно сделать заключение о стабилизации FA в составе наноструктур комплексов включения.

При исследовании токсичности комплекса FA с BCD (соотношение 1:2) в остром и подостром экспериментах по 100 000 инфузорий в стационарной фазе роста вносили в 1 мл среды инкубации, содержащей препарат наноструктур комплексов включения в концентрациях 2, 5, 10, 20, 40, 50, 80 мг/мл.

Время экспозиции при определении **острой токсичности** составляло 5 часов. Одноклеточные организмы в концентрации комплекса 2 мг/мл не отличались от таковых в контрольных пробах. При концентрации исследуемого препарата 5 мг/мл наблюдалось снижение численности популяции инфузорий на 11–13 % по сравнению с контрольными пробами. Популяция инфузорий в данной и последующих концентрациях характеризовались разнородностью клеток по форме и размеру. В популяции наблюдались вытянутые и круглые инфузории, а также мелкие и крупные. В пробах, содержащих 10 мг/мл комплекса, летальность инфузорий составила 21–24 %. В концентрации 40 мг/мл наблюдалась летальность протист на уровне 46 %, в концентрации 50 мг/мл – 48 %. Препарат в концентрации 80 мг/мл вызвал 100 % гибель инфузорий в эксперименте.

При исследовании **подострой токсичности** (время экспозиции – 24 ч) наноструктур комплекса включения FA с BCD (молярное соотношение 1:2) наблюдалось усиление токсического эффекта по $ЛД_{16}$, $ЛД_{50}$ и $ЛД_{84}$ по сравнению с таковыми в остром

эксперименте. Так в пробах, содержащих 40 мг/мл наноструктур комплексов включения, летальность действия препарата составляла 56–59 %, а в концентрации 50 мг/мл – 73 %.

При исследовании **хронической токсичности** наноструктур комплексов включения FA с BCD (молярное соотношение 2:1) популяция *T. pyriformis* культивировалась на протяжении жизненного цикла в питательных средах, с содержанием препарата 2, 5, 15, 30, 60 мг/мл. Визуальный анализ состояния особей в популяции *T. pyriformis* в ходе хронического эксперимента показал, что в пробах, содержащих препарат наноструктур в концентрациях 5, 15 и 30 мг/мл, инфузории, в отличие от контрольных проб, были неоднородны по форме и размеру клеток: вытянутые и круглые, мелкие и крупные.

В среде культивирования *T. pyriformis*, содержащей препарат наноструктур в концентрации 2 мг/мл, в лаг-фазе и логарифмической фазе роста не наблюдалось статистически значимых различий в показателях численности популяции протист относительно контрольной популяции. По прошествии 72 ч и 96 ч инкубирования отмечалось статистически достоверное снижение численности тест-объекта по сравнению с контролем на 7 % и 13 % соответственно. При внесении в среду культивирования препарата в концентрации 5 мг/мл наблюдалось постепенное снижение численности популяции инфузорий относительно контрольного уровня. Причем снижение численности протист было прямо пропорционально времени культивирования *T. pyriformis*. Так, через 24 ч инкубации, численность популяции протист составила 75 % от контрольной группы, через 48 ч – 67 %, через 72 ч – 64 %, через 96 ч – 63 %, соответственно ($p < 0,05$) (таблица 1, рисунок 7).

Фотографии популяции *T. pyriformis* в фазе замедленной скорости роста (время экспозиции – 72 ч) в контрольной пробе и в питательной среде с внесением препарата в концентрации 2,0 мг/мл представлены на рисунках 8А и 8Б соответственно.

Методом пробит-анализа летальности инфузорий в остром и подостром экспериментах, а также динамики угнетения генеративной функции протист при действии препарата наноструктур в хроническом эксперименте, рассчитаны параметры острой, подострой и хронической токсичности в отношении данного тест-объекта. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Изменение численности популяции *Tetrahymena pyriformis* в среде культивирования, содержащей препарат наноструктур комплексов включения феруловой кислоты и бета-циклодекстрина, полученных при молярном соотношении 1:2

Концентрация препарата, мг/мл	Время экспозиции, ч.			
	24	48	72	96
Численность популяции (X ± m)				
0 (контроль)	20000±1491	302000±4258	453500±5390	626500±8675
2,0	24000±882	305000±1606	420500±2377	548000±7211
5,0	15000±281	202000±1820	292000±4359	395000±3347
15,0	13000±300	160000±3363	199000±2646	221500±5445
30,0	9000±375	40000±792	21000±523	–
Численность популяции, % от контроля				
0 (контроль)	100±7,4	100±1,4	100±1,2	100±1,4
2,0	120±4,4	101±0,5	93±0,5*	87±1,2*
5,0	75±1,4*	67±0,6*	64±1,0*	63±0,5*
15,0	65±1,5*	53±1,1*	44±0,6*	35±0,9*
30,0	45±1,9*	13±0,2*	5±0,1*	–
* – статистически достоверные изменения показателя по отношению к контролю ($p < 0,05$)				

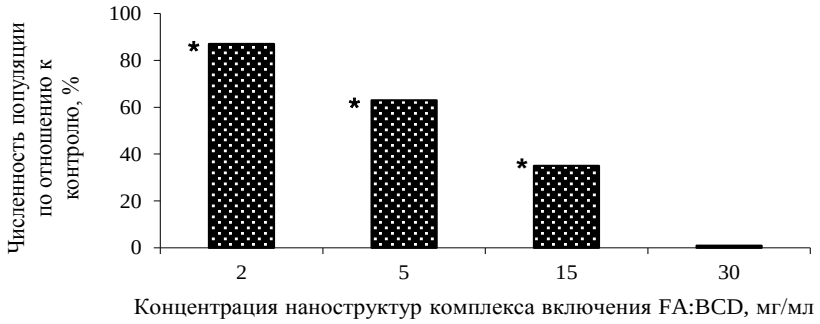
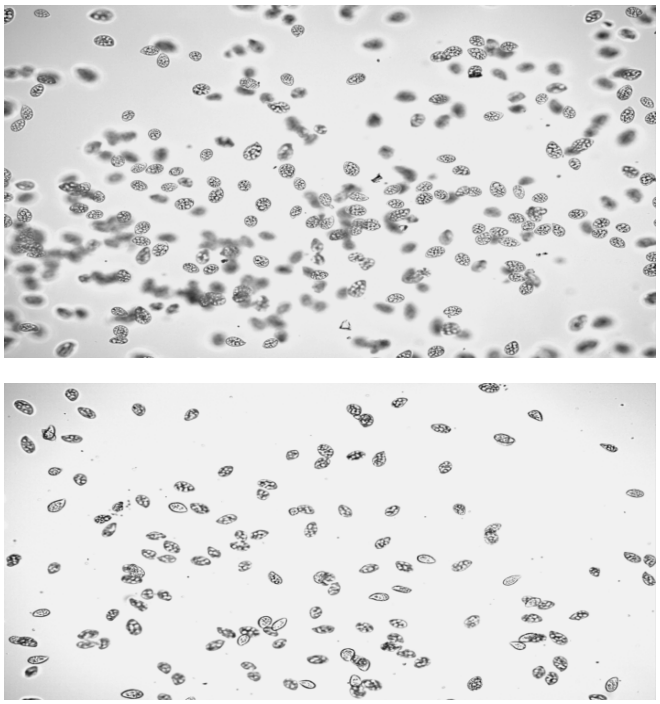


Рисунок 7 – Изменение численности популяции *Tetrahymena pyriformis* в стационарной фазе роста при изучении хронической токсичности препарата наноструктур комплексов включения феруловой кислоты и бета-циклодекстрина (1:2) в различных концентрациях через 96 часов инкубации

А

Б



А. культивирование в питательной среде (контроль), фотография под микроскопом при увеличении 100х Б. культивирование в питательной среде, содержащей препарат в концентрации 2,0 мг/мл, фотография под микроскопом при увеличении100х

Рисунок 8 – Фотографии популяции *Tetrahymena pyriformis* в фазе замедленного роста (время экспозиции – 72 ч)

Таблица 2 – Параметры токсичности препарата наноструктур комплексов включения феруловой кислоты и бета-циклодекстрина (молярное соотношение 1:2) по результатам оценки на *Tetrahymena pyriformis*

Показатель токсичности	Значение величины токсичности	Показатель класса опасности
Острая токсичность		
$ЛД_{16}$, мг/мл	7,85±0,67	–

Продолжение таблицы 2

$ЛД_{50}$, мг/мл	37,82±1,75	4
$ЛД_{84}$, мг/мл	67,79±3,80	–
Подострая токсичность		
$ЛД_{16}$, мг/мл	5,65±0,81	–
$ЛД_{50}$, мг/мл	31,08±0,49	–
$ЛД_{84}$, мг/мл	56,51±0,27	–
$К_{кум\ acuta}$	0,82	4
Хроническая токсичность, в логарифмической фазе роста (48 ч)		
$ЕД_{50}$, мг/мл	16,05±0,04	–
$ЕД_{84}$, мг/мл	33,75	–
Хроническая токсичность, в стационарной фазе роста (96 ч)		
$ЕД_{16}$, мг/мл	0,7	–
$ЕД_{50}$, мг/мл	10,6±0,02	–
$ЕД_{84}$, мг/мл	20,5	–
$К_{кум\ chr}$	0,66	4
Z_{chr}	3,57	3

Таким образом, оценка токсичности наноструктур комплексов включения FA с BCD (соотношение 2:1) в остром и подостром экспериментах на *Tetrahymena pyriformis* показала, что препарат относится к 4 классу опасности (то есть является малоопасным соединением). По результатам оценки в хроническом эксперименте изученный препарат относится к 3 классу опасности (является умеренно опасным соединением). При этом лимитирующим параметром явилась зона хронического действия (Zchr = 3,57). В связи с тем, что отнесение исследуемого объекта к классу опасности производится по параметру, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности, то по результатам токсиколого-гигиенической оценки на *Tetrahymena pyriformis* препарат наноструктур комплексов включения BCD с FA (соотношение 2:1) относится к 3 классу опасности.

Заключение

Разработанный метод получения наноструктур FA с BCD при комбинировании элементов метода соиспарения и лиофилизации позволяет получать целевой продукт в лабораторных и промышленных масштабах. Оптимальным соотношением для получения наноструктур FA с BCD является молярное соотношение компонентов 1:2. При таком соотношении увеличивается эффективность включения FA в состав комплексов. Термический анализ наноструктур комплексов включения показал, что при образовании нанокомплексов FA с BCD происходит стабилизация FA и значительно смещаются границы окислительной термодеструкции этого соединения. По результатам токсиколого-гигиенических исследований, проведенных на стерильной культуре *Tetrahymena pyriformis*, полученные наностркуктуры относятся по результатам острой токсичности к малоопасным соединениям, а по результатам хронической токсичности к группе соединений, обладающих умеренной токсичностью.

Список литературы

1. Berdanier, C. D. Advanced Nutrition: Macronutrients, Micronutrients, and Metabolism, Second Edition / C. D. Berdanier. – Boka Raton, Fl: CRC Press, 2015. – 608 p.
2. Berdanier, C. D. Handbook of Nutrition and Food, Third Edition / C. D. Berdanier. – Boka Raton, Fl: CRC Press, 2014. – 1136 p.
3. Mazza, G. Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects, Volume 1 / G. Mazza. – Lancaster, Penn: Technomic publishing company, 1998. – 480 p.
4. Yadav, S. K. Nanotechnology: A Spark to the Use of Plant Origin Bioactive Compounds in Therapeutics / S. K. Yadav // Single Cell Biol. – 2015. – Vol. 4, № 1. – P. 108–109.

5. Bekele, G. Isolation and Characterization of Bioactive Compounds from Medicinal Plants of Ethiopia – A Review / G. Bekele, S.T. Hazare // Curr. Trends Biomedical Eng. & Biosci. – 2017. – Vol. 7, № 5. – P. 1–4.

6. Extraction, Isolation and Characterization of Bioactive Compounds from Plants' Extracts / S. Sasidharan [et al.] // Afr. J. Tradit. Complement. Altern. Med. – 2011. – Vol. 8, № 1. – P. 1–10.

7. Iqbal, A. Modern Phytomedicine: Turning Medicinal Plants into Drugs / A. Iqbal, F. Aqil, M. Owais. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2006. – 384 p.

8. Vuong Quan V. Utilisation of Bioactive Compounds from Agricultural and Food Production Waste / Quan V. Vuong. – Boka Raton, Fl: CRC Press, 2017. – 414 p.

9. Razzaghi-Abyaneh, M. Antifungal metabolites from plants / M. Razzaghi-Abyaneh, M. Rai. – Berlin; New York: Springer, 2013. – 461 p.

10. Методы получения нанокомплексов биологически активных веществ с циклическими олигосахаридами, анализ их физико-химических свойств и использование в пищевом производстве / М. А. Капустин [и др.] // Труды Белорусского государственного университета. – 2016. – Т. 11, ч. 1. – С. 73–100.

11. Manoj, M. N. The Cyclodextrins: A Review / M. N. Manoj, M. S. Dinesh, V. J. Parag // Journal of Current Pharmaceutical Research. – 2012. – Vol. 10, № 1. – P. 1–6.

12. Bernhoft, A. Bioactive compounds in plants – benefits and risks for man and animals Proceedings from a symposium held at The Norwegian Academy of Science and Letters, Oslo, 13 – 14 November 2008 / National Veterinary Institute and Committee for Information and Research in Geomedicine, The Norwegian Academy of Science and Letters, ed.: Aksel Bernhoft, Oslo: AIT Otta AS, 2010. – 255 p.

13. Чубарова, А. С. Характеристика антиоксидантной активности субстанции силимарина в составе гепатопротекторных лекарственных средств / А. С. Чубарова, В. П. Курченко // Медицинские новости. – 2013. – № 3. – С. 64–66.

14. Биологически активные вещества коры различных видов сирени / В.П. Курченко [и др.] // Труды Белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. – 2016. – Т. 11, ч. 2. – С. 112–122.

15. Kumar, N. Potential applications of ferulic acid from natural sources / N. Kumar, V. Pruthi // Biotechnology Reports. – 2014. – Vol. 4. – P. 86–93.

16. Horbury, M. D. Photodynamics of potent antioxidants: ferulic and caffeic acids / M. D. Horbury [et al.] // Phys. Chem. Chem. Phys. – 2016. – Vol. 18. – P. 17691–17697

17. Прозоровский, В. Б. Статистическая обработка результатов фармакологических исследований / В. Б. Прозоровский // Психофармакол. биол. наркология. – 2007. – Т. 7, – № 3–4. – С. 2000 – 2120.

18. Богдан, А. С. Ускоренный способ определения токсичности химических веществ и вытяжек из полимерных материалов : метод. рек. / А. С. Богдан, С. Ю. Буслович. – Минск, 1982. – 21 с.

УДК 637.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ, ОЦЕНКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

О. В. Козлова*, Т. Ч. Тултабаева**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Казахский научно-исследовательский институт пищевой и перерабатывающей промышленности, г. Алма-Ата, Республика Казахстан

Здоровье человека и качество его жизни напрямую зависит от потребляемых им продуктов, их количественного и качественного состава, а длительная нехватка продуктов питания, по мнению многих исследователей, отрицательно влияет на генофонд нации, приводит к сокращению продолжительности жизни, увеличению детской смертности [10].

Одной из глобальных проблем современности, стоящих перед человечеством, является массовый голод. Проблема голода привлекает к себе внимание мировой общественности. Даже незначительные перебои с поставками продовольствия приводят к росту социальной напряженности. В России обеспечение продовольственной безопасности и продовольственного суверенитета государства является одной из приоритетных задач на сегодняшний день. Молоко и молочные продукты составляют существенную часть современной индустрии питания, в связи с их высоко сбалансированным составом [6].

Белковые вещества являются наиболее ценной составной частью молока, так как образующиеся при их расщеплении аминокислоты являются хорошим пластическим материалом для построения тканей организма. Молочные белки характеризуются высокой усвояемостью (96-98 %) [7].

В проведенных нами исследованиях мы полагали, что молочно-белковые концентраты (МБК) могут быть хорошей основой структурированных молочных продуктов, и наряду с молоком и вторичным молочным сырьем, совместно со стабилизаторами структуры позволят получить широкий спектр молочных продуктов российского производства заданного состава и свойств. Благодаря своим технологическим свойствам МБК нашли широкое применение в производстве самых разнообразных пищевых продуктов. Это обусловлено тем, что с одной стороны белковые концентраты в пищевых системах способны выполнять ряд технологических функций - использоваться в качестве эмульгаторов, структурооброзователей, с другой стороны они могут выступать как обогатители пищевых продуктов, помогая тем самым решить проблему восполнения дефицита белков в питании.

Регулировать функциональные свойства молочных белков возможно при помощи физико-химических методов и химической модификации. Основные виды воздействия на молочный белок с целью оптимизации его функциональных свойств сводятся к выделению белков различными способами (кислотной или сычужной коагуляцией, ферментацией, биомембранными технологиями с использованием растительных полимеров полисахаридной природы). Эти способы являются традиционными и широко описаны в научной и справочной литературе. С целью улучшения пенообразующей, эмульгирующей способности белков молока применяют специальную их обработку, в основном химическую или ферментативную, называемую гидролизом [5].

Известно, что использование мембранной обработки позволяет фракционировать и концентрировать составные части молочного сырья, максимально сохраняя их пищевую, биологическую ценность, а также технологические свойства. Основным преимуществом мембранных методов, наряду с сопоставимыми энергетическими затратами, является возможность получения целевых продуктов с регулируемым составом и свойствами. Нами проведены исследования по использованию мембранных методов обработки молока (в частности ультрафильтрации) для получения молочно-белковых концентратов [3].

Тепловая обработка молока является обязательной технологической операцией, необходимой для уничтожения патогенных микроорганизмов в молоке перед его переработкой.

При ультрафильтрации обязательным является тщательная предварительная подготовка молока, которая осложняется тем, что оно представляет собой сложную биологическую систему, в которой растворенные минеральные соли, углеводы, липиды, азотистые вещества и другие компоненты [2].

Проведенный анализ литературных данных позволил сформулировать требования к предварительной обработке молока перед ультрафильтрацией. Обеспечить эти требования возможно путем пастеризации исходного молока-сырья, а также придания мицеллам казеина такого размера, который был бы достаточным для их извлечения. В таблице 1 показано влияние режимов пастеризации на ее эффективность и изменение диаметра мицелл казеина в молоке-сырье.

Таблица 1 – Влияние тепловой пастеризации на бактериальную обсемененность молока

Температура, °С	Эффективность пастеризации (%) при продолжительности выдержки, с					
	0	30	60	180	240	300
72±2	98,521	98,550	98,569	98,629	98,668	98,674
82±2	99,728	99,821	99,843	99,967	99,968	99,969
92±2	99,943	99,950	99,961	99,983	99,975	99,990
97±2	99,965	99,974	99,986	99,997	99,998	99,999

Результаты показывают, что с увеличением как температуры, так и продолжительности теплового воздействия эффективность пастеризации возрастает. Требуемая эффективность пастеризации (не менее 99,99 %) отмечается при следующих тепловых режимах: температура 92±2°С, продолжительность не менее 300 с; температура 97±2°С, продолжительность не менее 180 с.

Параметры пастеризации неизбежно приводят к изменению казеинаткальцийфосфотного комплекса и нативного состояния сывороточных белков: изменяется диаметр мицелл казеина, происходит частичное нарушение сольватации его молекул, нарушается соотношение в структуре образованных азотистых веществ. Комплекс этих явлений, в конечном счете, будет влиять на закономерности мембранного концентрирования.

В этой связи нами рассмотрено влияние пастеризации на изменения, происходящие с белковой фазой молока. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

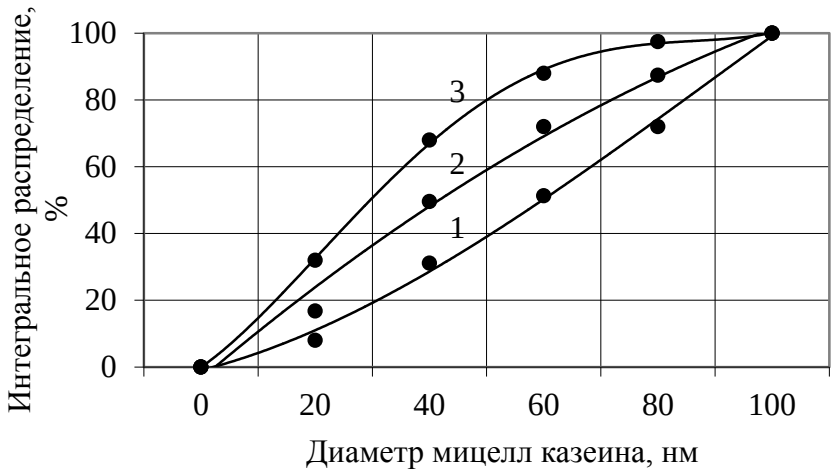


Рисунок 1 – Влияние пастеризации на распределение мицелл казеина в молоке: 1 - контроль (непастеризованное молоко); 2 - 92±2°С, 300 с; 3 - 97±2°С, 180 с

Для установления особенностей изменений в белковых молекулах при пастеризации провели серию экспериментов, результаты которых приведены в таблице 2

Таблица 2 – Влияние пастеризации на изменение форм азота в молоке

Характеристика	Образцы (параметры пастеризации)		
	контроль	**92±2°С, 300 с**	**97±2°С, 180 с**
Массовая доля общего азота, %	0,49	0,49	0,49
Массовая доля белкового азота, %, в т.ч.: – азота казеиновых фракций – азота фракций сывороточных белков	0,47 0,36 0,11	0,43 0,35 0,08	0,41 0,35 0,06
Массовая доля небелкового азота, %	0,02	0,06	0,08

Выявлено, что пастеризация приводит к изменению фракционного состава азотистых веществ молока, однако изменение фракций казеиновых белков оказывается минимальным (на уровне 2,8 %, что является меньше допустимой погрешности измерений). Полученные данные подтверждают термоустойчивые свойства белков казеиновых фракций. Напротив, обработка молока при температуре 92±2°С в течение 300 с является причиной снижения белкового азота на 8,5 %, повышение температуры до 97±2°С приводит к снижению обсуждаемого показателя на 12,8 %. Подобные изменения происходят в результате денатурации сывороточных белков (на 27,3 и 45,5 %, соответственно и перехода их фракции в различные формы небелкового азота).

Незначительные изменения казеинов при пастеризации являются предпосылкой к их дальнейшему использованию посредством ультрафильтрационной обработки молока. Однако в некоторых работах показано, что низкое содержание мицеллярного казеина с диаметром мицелл менее 80-100 нм является фактором, ухудшающим процесс мембранного концентрирования. В этой связи целесообразно рассмотреть процесс агрегации мицелл посредством кислотной коагуляции [4].

Молочнокислые микроорганизмы широко используются в индустрии, как индивидуально, так и в консорциуме для получения молочнокислых диетические продуктов. В серии проведенных нами экспериментов в качестве закваски использованы мезофильные и термофильные микроорганизмы в равных соотношениях [8]. Закваски вносили в молоко в количестве 3-7 %. Температурные параметры выбраны с учетом существующих рекомендаций, комбинирование заквасок проводили для обеспечения возможности регулировании состава и свойств образующихся белковых сгустков [9].

С целью изучения процесс агрегации мицелл посредством кислотной коагуляции была проведена серия экспериментов результаты которой представлены на рисунке 2.

На основании результатов проведенной серии экспериментов можно констатировать, что выбранные дозы закваски от 3 до 7 % термофильных и мезофильных микроорганизмов в равных соотношениях в данном случае являются рациональными, поскольку позволяют интенсифицировать процесс кислотообразования и регулировать свойства сгустка, подвергнутого ультрафильтрации. Повышенные до 7 % дозы закваски снижают продолжительность процесса на 20-30 %, обеспечивая при этом требуемую кислотность сгустка.

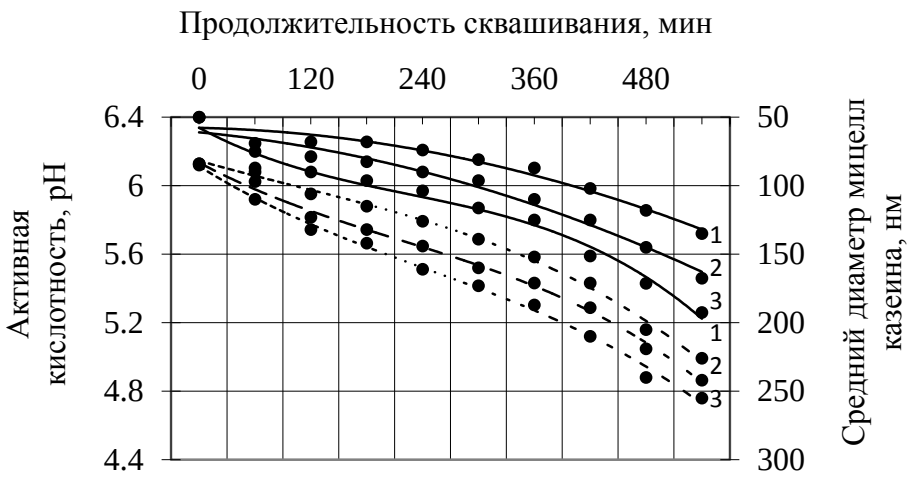


Рисунок 2 – Изменение активной кислотности (—) и среднего диаметра мицелл казеина (– –) с дозой закваски: 1 – 3 %; 2 – 5 %; 3 – 7 %

Обобщая полученные данные и анализ литературных источников можно констатировать, что подготовить сгусток для ультрафильтрационной обработки возможно путем предварительной пастеризации смеси для инактивации микрофлоры с последующим сквашиванием смеси с целью увеличения среднего диаметра мицелл казеина, необходимого и достаточного для эффективной ультрафильтрационной обработки [1]. Тем не менее, оценить возможности процесса извлечения белковой фракции из сквашенного сгустка различными видами возможно лишь путем постановки специальных экспериментов.

Известно, эффективность процесса мембранного концентрирования зависит от ряда факторов: температуры и активной кислотности процесса, физико-химических и реологических свойств обрабатываемой биологической системы, диаметра пор, площади поверхности мембран, фактора концентрирования и других. Перечисленные технологические факторы влияют на удельную производительность мембранной установки, выход целевых компонентов и их остаточное содержание в пермеате.

Для установления прикладных возможностей использованния ультрафильтрационной установки провели серию экспериментов. Схема экспериментов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Схема экспериментов

Серия	Вид закваски	Температура сквашивания, ^{o}C
I	Мезофильные молочнокислые стрептококки (*Lactococcus lactis spb. cremoris, Lactococcus lactis spb. lactis, Leuconostoc mesenteroidis spb. cremoris, Lactococcus lactis spb. lactis biovar diacetylactis*)	28±2
II	Термофильные молочнокислые стрептококки и палочки (*Streptococcus termophilus, Lactobacterium delbrueckii spb. bulgaricus*)	43±2
III	Мезофильные молочнокислые стрептококки, термофильные молочнокислые стрептококки и палочки (по серии экспериментов I и II)	33±2

На рисунке 3 показана удельная производительность ультрафильтрационной установки от температуры и используемой закваски (pH 4,8-5,0; доза закваски 5 %).

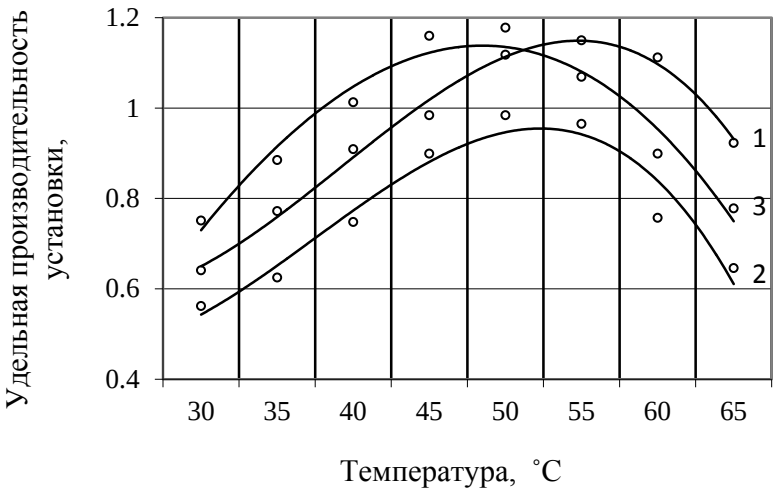


Рисунок 3 – Влияние температуры на удельную производительность ультрафильтрационной установки: 1 - серия экспериментов I; 2 - серия экспериментов II; 3 - серия экспериментов III

На основании анализа выполненных исследований можно констатировать, что температура является значимым фактором в процессах ультрафильтрации. Независимо от видовых особенностей используемых заквасочных культур рациональной температурой ультрафильтрации является 50±5°С.

В серии проведенных экспериментов установлена особенность, характеризующая особенности ультрафильтрации молочнокислой смеси, полученной при различных режимах сквашивания: наиболее эффективным (по обеспечению удельной производительности мембран) является использование мезофильных молочнокислых организмов, как самостоятельно в качестве закваски, так и в комплексе с термофильными палочками. Максимальная удельная производительность установки на уровне 1,17 $\frac{м^3}{м^2 \cdot ч}$ отмечается в случае комплексного использования мезофильных молочнокислых стрептококков, термофильных молочнокислых стрептококков и палочек (по серии экспериментов I и II) при температуре ферментации 35±2°С с последующей ультрафильтрацией при 50°С. Увеличение температуры до 55-60°С снижает удельную производительность установки на 8,6-23,2 %; напротив, снижение температуры с 50 до 40°С обеспечивает также падение удельной производительности мембранной установки на 13,4 %.

Заквашивание смеси мезофильными молочнокислым стрептококками и сквашивание при температуре 28±2°С не обеспечивает достоверного снижения удельной производительности мембранной установки, однако оптимум температур с 50°С переходит в область 55-60°С. Данный факт можно объяснить особенностями физико-химических свойств сгустков, образующихся в данном случае. В частности, при визуальной оценке они являются в большей степени крупнодисперсными, калье характеризуется большей прочностью. Эти особенности в некоторой степени нивелируются повышением температуры ультрафильтрации на пять-десять градусов, сгустки по свойствам приближаются к тем, которые получены в случае применения комплексной закваски по варианту III.

Использование термофильных молочнокислых стрептококков *Str. termophilus* и палочек *Lactobacterium delbrueckii spb. bulgaricus* позволяет получить заквашенную смесь, которая не способна эффективно подвергаться фракционированию даже при оптимальной температуре (производительность установки ниже в среднем на 15,9 %). Отклонение от оптимальной температуры приводит к необоснованному падению производительности, которое до-

стигает в крайних температурных пределах ультрафильтрации 30 и 65°С в среднем 51,9 и 44,6 %, соответственно.

С целью получения объективных данных, отражающих взаимосвязь удельной производительности установки и активной кислотности, провели серию экспериментов, результаты которой показаны на рисунке 4 (температура 50±5°С, доза закваски 5 %).

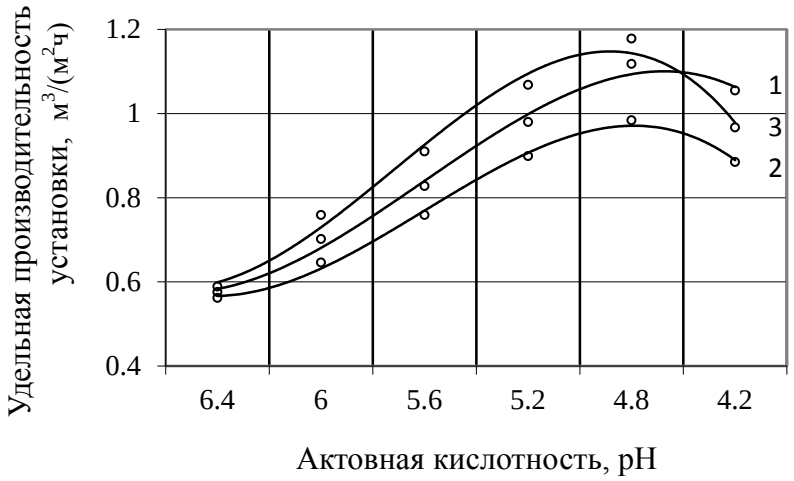


Рисунок 4 – Влияние активной кислотности на удельную производительность ультрафильтрационной установки: 1 - серия экспериментов I; 2 - серия экспериментов II; 3 - серия экспериментов III

Приведенные на рисунке 4 зависимости имеют аналогичных характер, что и результаты экспериментов, приведенные на рисунке 3: максимальная удельная производительность установки выявлена в узких значениях изменяемого фактора (на уровне активной кислотности 4,8±0,2), что соответствует изоэлектрической точке (ИЭТ) большинства белков молока, в частности казеинов; наилучшей ультрафильтрации подвергается смесь, в состав закваски которой входят мезофильные молочнокислые стрептококки.

Помимо отмеченных закономерностей установлено, что молоко со значениями активной кислотности, близкими к нативному (на уровне 6,4-6,6) не позволяет с максимальной эффективностью использовать ультрафильтрационную мембранную установку, не смотря на довольно значительный средний диаметр мицелл казеина 84 нм. При идеальной (расчетной) удельной производительности установки 1,2 $\frac{м^3}{м^2 \cdot ч}$ в начальный момент ультрафильтрации ее производительность составляет 0,562-0,589 $\frac{м^3}{м^2 \cdot ч}$, что на 50,9-53,2% ниже идеального значения и на 49,7-51,9 % ниже удельной производительности, которая получена в наших исследованиях. Установленный факт объясняется присутствием в молоке весьма значительного количества субмицелл казеина с диаметром меньше 20 нм (от 16,8 до 32 %), которые переходят в пермеат. Если учесть, что в общем содержании мицелл от 49,6 до 68 % имеют средний диаметр до 40 нм, то вполне закономерным является необходимость некоторой «стандартизации» размеров мицеллярного казеина до величины, позволяющей эффективно использовать мембранную технологию, в данном случае - ультрафильтрацию. Именно этот фактор позволяет обеспечить рациональные параметры процесса ультрафильтрации при минимальном расходе молочнокислого сгустка и незначительных отрицательных явлениях, связанных с концентрационной поляризацией на поверхности мембран.

С целью установления особенностей ультрафильтрации от продолжительности рабо-

ты ультрафильтрационной установки, изыскания методов интенсификации ультрафильтрации, а также обоснования рациональной продолжительности технологического процесса исследованы гидродинамические и кинетические особенности ультрафильтрации, в том числе уточнен характер процесса фракционирования компонентов молока. Параметры работы установки выбраны с учетом анализа результатов предварительно проведенных экспериментов.

В таблице 4 показана удельная производительность установки от скорости движения молочного сгустка в каналах мембранного аппарата (температура 50±5°С, доза используемой закваски 5 %, pH 4,8-5,0).

Таблица 4 – Влияние гидродинамики процесса на удельную производительность ультрафильтрационной установки ($\overline{X}$ ±m; m≤1,2)

Скорость движения кисломолочного сгустка, $\times 10^{-2}$ м/с	Удельная производительность установки по продукту ($\frac{м^3}{м^2 \cdot ч}$), полученному в серии экспериментов		
	I	II	III
1,0	0,992	0,747	0,845
1,5	1,053	0,832	0,922
2,0	1,178	0,984	1,118
2,5	0,120	0,834	0,928
3,0	0,865	0,781	0,811

Выявлено, что с увеличением скорости движения молочнокислого сгустка до $2{,}0\times10^{-2}$ м/с удельная производительность ультрафильтрационной установки достигает своих максимальных значений независимо от вида используемой закваски. Данный факт можно объяснить смыванием слоя с поверхности мембраны и обеспечением доступа частиц к границе раздела системы, обеспечивающей фракционирование компонентов молока. Этот принцип лежит в основе большинства способов борьбы с крайне нежелательным явлением концентрационной поляризации, возникающей на поверхности существующих мембран.

Повышение скорости движения молочнокислого сгустка по каналам до $3{,}0\times10^{-2}$ м/с является причиной падения удельной производительности установки (в среднем на 20,6-27,5 %), что можно объяснить несколькими причинами: изменяется гидродинамика процесса, происходит переход течения из ламинарного в турбулентное. Это является фактором некоторой дестабилизации мицелл казеина, и как следствие - снижения их способности к ультрафильтрации. С целью иллюстрации и подтверждения выдвинутых предположений провели серию модельных экспериментов, результаты которых показаны в таблице 5.

Таблица 5 – Взаимосвязь гидродинамических условий и диаметра мицелл казеина

Скорость движения кисломолочного сгустка, $\times 10^{-2}$ м/с	Критерий Рейнольдса	Режим течения	Средний диаметр мицелл, % от первоначального в сгустке
1,0	Менее $1{,}0\cdot10^5$	Ламинарный	93,0–100,0
1,5	$(1{,}0–2{,}0)\cdot10^5$	Ламинарный	93,1–97,5
2,0	$(2{,}0–3{,}0)\cdot10^5$	Переходный	85,0–93,1
2,5	Более $3{,}0\cdot10^5$	Турбулентный	74,3–85,0
3,0	Более $3{,}0\cdot10^5$	Турбулентный	68,4–74,3

Анализ гидродинамических условий протекания процесса показал, что с увеличением скорости движения кисломолочного сгустка происходит трансформация режима из ламинар-

ного в турбулентный, что неизбежно приводит к плавному уменьшению диаметра мицелл казеина. Если сопоставить полученные данные по гидродинамике процесса и удельной производительности установки, то можно констатировать, что максимальные значения производительности установки по продукту 1,178; 0,984 и 1,118 $\frac{м^3}{м^2 \cdot ч}$ наблюдаются в случае скорости движения сгустка в каналах $2{,}0\times10^{-2}$ м/с и серии опытов с заквасочными культурами I, II, III, соответственно.

В рассматриваемом случае в качестве косвенной величины, на которую можно ориентироваться, является критерий Рейнольдса. Его значения на уровне $(2{,}0\text{-}3{,}0)\cdot10^5$ не позволяют произойти необратимым изменениям с образованным сгустком, в частности, переходом казеина в субмицеллярную форму, непригодную для ультрафильтрации, и обеспечивают максимальную производительность установки за счет достаточного диаметра мицелл и интенсивного движения биологического материала в каналах установки.

Безусловно, режим течения является производной величиной от используемого давления, поскольку ультрафильтрация относится к баромембранным процессам. В таблице 6 показано сопоставление режимов течения жидкости и давления в установке.

Таблица 6 – Зависимость числа Рейнольдса от рабочего давления в установке

Рабочее давление, МПа	0,2	0,4	0,6	0,8
Критерий Рейнольдса, $\times10^5$	Менее 1,0	1,0–2,0	2,0–3,0	Более 3,0

Проанализировав полученные результаты, установлено, что использование рабочего давления 0,6 МПа является обоснованным, поскольку позволяет в максимальной степени использовать возможности установки. Применение более высоких давлений нецелесообразно не только из-за особенностей гидродинамики процесса (обострения явления концентрационной поляризации), но и в связи с повышением энергозатрат.

С практической точки зрения важным являются кинетические особенности процесса, в частности производительность установки от продолжительности процесса мембранного концентрирования. Эти данные важны в связи с обоснованием продолжительности рабочих циклов, после которых регенерация мембран является необходимой. Сведения, отражающие кинетические особенности ультрафильтрации, приведены на рисунке 5.

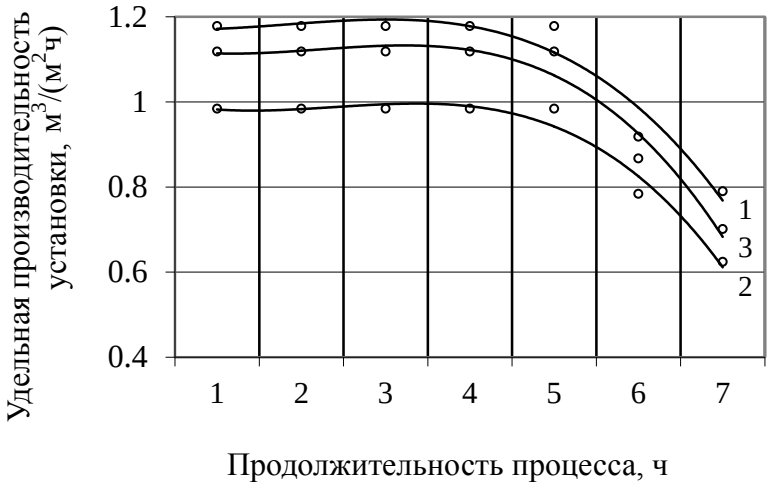


Рисунок 5 – Влияние продолжительности процесса на удельную производительность ультрафильтрационной установки: 1 - серия экспериментов I; 2 - серия экспериментов II; 3 - серия экспериментов III

Установленная особенность связана с отложением на поверхности мембран белково-солевых комплексов и жировой фазы, т.е. наблюдается так называемое явление концентрационной поляризации (происходит закупорка пор). Несмотря на это, достаточно длительный период использования мембран без регенерации (до 5 ч) связан с обеспечением переходного режима течения жидкости в канале, который позволяет в некоторой степени «смывать» частицы концентрата с поверхности мембраны и, тем, самым, интенсифицировать процесс ультрафильтрации.

В целом полученные результаты исследований позволяют обосновать и разработать технологию молочно-белкового концентрата (МБК-УФ). С целью оценки возможностей его использования нами изучены его состава и свойства.

Как ранее было отмечено, ультрафильтрация позволяет провести концентрацию большинства фракций белков молока, причем даже таких, которые малочувствительны к осаждающим агентам, таким как ионы кальция (β- и ǽ-фракции) и химозин (α_{s1}-, α_{s2}- и β-фракции). Помимо этого, выявлены интересные особенности, которые позволяют дополнительно отметить особенности и перспективы ультрафильтрационной обработки молока. Если принять во внимание, что в молоке перед ультрафильтрацией содержится 81,4 % казеиновых фракций и 16,3 % сывороточных белков, то доля последних при факторе концентрирования 1,5; 2,5 и 3,5 составляет 13,7; 14,2 и 17,0 %, соответственно, что свидетельствует о некоторой селективности мембран по указанным веществам. Состава белков МБК-УФ представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Состава белков МБК-УФ ($\overline{X}$ ±m; m≤0,05)

Показатель	Фактор концентрирования			
	контроль (молоко)	1,5	2,5	3,5
Массовая доля общего азота, %	0,49	0,73	1,34	1,88
Массовая доля белкового азота, %, в т.ч.:	0,43	0,63	1,15	1,81
– азота казеиновых фракций	0,35	0,47	0,90	1,49
α_{s1}-фракция	0,18	0,23	0,46	0,76
α_{s2}-фракция	0,04	0,06	0,11	0,17
β-фракция	0,10	0,14	0,23	0,43
χ-фракция	0,03	0,04	0,10	0,13
– азота фракций сывороточных белков	0,08	0,10	0,19	0,32
β-лактоглобулин	0,03	0,05	0,10	0,18
α-лактоальбумин	0,02	0,02	0,06	0,09
альбумин сыворотки крови	0,01	0,01	0,01	0,02
прочие фракции	0,02	0,02	0,02	0,03
Массовая доля небелкового азота, %	0,06	0,06	0,06	0,07

В ультрафильтрат переходит та часть сывороточных белков, которая находится во взаимосвязи с казеиновыми мицеллами, остальная часть сывороточных белков переходит в пермеат. Отметим, что практически все фракции казеина концентрируются пропорционально содержанию азота в молочно-белковом концентрате. Азотистые вещества небелковой природы не концентрируются в МБК-УФ.

В отличие от них, сывороточные белки в разной степени переходят в фильтрат. Нами проведен расчет относительного содержания фракций сывороточных белков, результаты которого представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Относительный состав сывороточных белков МБК-УФ ($\overline{X}$ ±m; m≤0,05)

Фракция сывороточных белков	Фактор концентрирования			
	контроль (молоко)	1,5	2,5	3,5
β-лактоглобулин	37,5	50,0	52,6	56,3
α-лактоальбумин	25,0	20,0	31,6	28,1
альбумин сыворотки крови	12,5	10,0	5,3	6,3
прочие фракции	25,0	20,0	10,5	9,3

Как показывают данные, приведенные в табл. 9, наибольшая селективность мембран отмечается по β-лактоглобулину (его относительное содержание в МБК-УФ возросло при факторе концентрирования 3,5 в 1,5 раза); максимальное относительное содержание α-лактоальбумина установлено при факторе концентрирования 2,5 на уровне 31,6%, что выше, чем в цельном молоке в 1,3 раза. Остальные фракции сывороточных белков при концентрировании имеют тенденцию к снижению (минимальное относительное содержание в концентратах (ниже в 2,4-2,7 раза по сравнению с контролем) обнаружено при факторе концентрирования 2,5-3,5).

С пищевой точки зрения такое изменение в соотношении белков неизбежно приводит к изменению соотношения заменимых и незаменимых аминокислот.

Изменение в соотношении аминокислот привело к изменению биологической ценности. Не смотря на то, что в проведенных экспериментах показано, что белок молока несколько лимитирован по серосодержащим аминокислотам, в наших экспериментах удалось добиться возможности получения полноценного белка, который характеризуется аминокислотным скором по незаменимым аминокислотам более 100 %. Биологическая ценность МБК-УФ представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Биологическая ценность МБК-УФ ($\overline{X}$ ±m; m≤0,05)

Незаменимые аминокислоты	Шкала FAO/WHO, мг/ 1 г белка	Аминокислотный скор (%) при факторе концентрирования			
		молоко (контроль)	1,5	2,5	3,5
Валин	50,0	136,7	114,9	168,1	228,1
Изолейцин	40,0	158,9	125,0	140,8	125,1
Лейцин	70,0	144,6	137,7	131,1	118,8
Лизин	55,0	170,5	155,8	159,2	141,6
Метионин + цистин	35,0	94,0	102,7	104,0	102,7
Треонин	40,0	136,6	105,9	116,9	109,1
Триптофан	10,0	237,9	168,4	222,1	197,0
Фенилаланин + тирозин	60,0	103,3	101,8	101,4	100,1

Из анализа представленных данных следует, что наиболее рациональным является промежуточный фактор концентрирования, который колеблется между значениями 2,5 и 3,5.

В целом представленные результаты экспериментальных данных, а также проведенный анализ устанавливает основные закономерности формирования молочно-белковых концентратов, полученных ультрафильтрацией. Выявленные технологические свойства позволяют предположить возможность эффективного их использования в технологии белковых молочных продуктов. Принципиально то, что МБК-УФ можно получать как с использовани-

ем мезофильных, так и термофильных культур, причем именно эта особенность технологического процесса позволяет регулировать состав и свойства МБК-УФ.

Список литературы

1. Архипов, А. Н. Агрегация мицелл казеина кислотной коагуляцией: использование при ультрафильтрационной обработке молока / А. Н. Архипов, М. С. Литвинов // Молочная промышленность. – 2012. – № 11. – С. 52–54.

2. Влияние режима пастеризации на полипептидный состав молока / Ю. В. Балакирева [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 2-1. – С. 170–173.

3. Ельчанинов, В. В. Некоторые технологические аспекты получения сывороточных белков коровьего молока / В. В. Ельчанинов // Молочная промышленность. – 2015. – № 12. – С. 46–49.

4. Особенности совместной ферментации белков молока молочноксилыми бактериями различных групп / Т. Н. Головач [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2013. – № 1 (19). – С. 76–84

5. Просеков, А. Ю. Инновационный менеджмент биотехнологий заквасок / А. Ю. Просеков, Л. А Остроумов // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 43. – № 4. – С. 64–69.

6. Просеков, А. Ю. Ретроспективы голода: уроки прошлого и вызовы будущего // А. Ю. Просеков // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 47. – № 4. – С. 5–20.

7. Технология производства концентрата общего белка молока / О. В. Дымар [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 1. – С. 58–60.

8. Identification and studying of the biochemical properties of lactobacillus strains / M. I. Zimina, A. J. Prosekov, O. O. Babich, S. A. Sukhih // Life Science Journal. – 2014. – Vol.11. – № 11. – P. 338–341.

9. Prosekov, A. Y. Identification of industrially important lactic acid bacteria in foodstuffs / A. Y. Prosekov, O. O. Babich, K. V. Bespomestnykh // Foods and Raw Materials. – 2013. – Vol. 1. – № 2. – P. 42–45.

10. Prosekov, A. Yu. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4. – № 2. – C. 201–211.

УДК 637.146

РАЗРАБОТКА ПОЛИКОМПОНЕНТНОГО ПРОБИОТИКА НА ОСНОВЕ ЛАКТОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ НАЦИОНАЛЬНЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

О. В. Кригер*, Сюй Вэй**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Харбинский коммерческий университет, г. Харбин, Китай

Одна из первоочередных задач, стоящих перед Россией – поиск новых источников экономического роста, который невозможен без масштабной модернизации традиционных секторов экономики на базе современных технологий, а также создания новых производств, обеспечивающих выход на формирующиеся высокотехнологические рынки [1, 2].

Современные потребители все чаще выбирают продукты, которые не только удовлетворяют голод и дают необходимые питательные вещества, но обладают дополнительными преимуществами - улучшают физическое и умственное здоровье. Потребность в таких продуктах также усиливается из-за растущих во всем мире цен на медицинские услуги, увеличивающихся продолжительности жизни и периода активного долголетия пожилых людей [3, 4].

В 2015 году на конгрессе Федерации европейских микробиологических обществ (FEMS) была выдвинута концепция о включении в состав продуктов питания поликомпонентных пробиотических консорциумов, которая может лечь в основу комплексной профилактики болезней [5, 6].

Пробиотики - бактериальные препараты из микробных культур (преимущественно молочнокислые и бифидобактерии), способные корректировать микрофлору «хозяина», лечить и предотвращать ряд болезней, в частности желудочно-кишечного тракта, развитие кариеса, атопического дерматита и других заболеваний [7, 8, 9, 10].

При регулярном использовании пробиотики регулируют и стимулируют пищеварение, усиливают иммунитет, повышают колонизационную резистентность кишечника, предотвращают развитие аллергических осложнений. Эффективность поликомпонентных пробиотических консорциумов зависит от многих факторов, в том числе физиологических особенностей человека, наличия хронических и острых заболеваний и др.

Таким образом, исследование и поиск новых штаммов молочнокислых бактерий с целью создания на их основе более активных пробиотических препаратов для регулярного потребления в составе продуктов питания является актуальным направлением исследований.

Национальные кисломолочные продукты не так давно появились в ассортименте российских потребителей, однако в Средней Азии и на Кавказе они давно известны своими полезными свойствами и вкусовыми качествами. Национальные кисломолочные продукты производятся из различных видов молока [11, 12].

Используется не только коровье молоко, но козье, кобылье, овечье молоко, молоко буйволиц. В зависимости от вида заквасочной микрофлоры национальные кисломолочные продукты подразделяют на напитки молочнокислого брожения (мацони, катык и др.) и на напитки смешанного молочнокислого и спиртового брожения (кумыс, айран и др.). Это позволяет им сочетать полезные свойства кисломолочных продуктов и иметь свой неповторимый вкус и аромат, свойственные только данным видам молочной продукции.

В связи с этим актуальным является проведение исследований по изучению физиолого-биохимических свойств микроорганизмов, входящих в состав национальных кисломолочных напитков для выделения наиболее эффективных штаммов, обладающих высокой биологической активностью.

Целью данной работы является разработка состава консорциума молочнокислых бактерий, выделенных их национальных кисломолочных напитков народов Средней Азии и Северного Кавказа, обладающих антибиотической активностью.

В качестве объектов исследований использованы штаммы молочнокислых бактерий выделенных из национальных кисломолочных продуктов: айран (Казахстан), кумыс (Башкирия), чегень (Республика Алтай), курунга (Бурятия).

В результате проведенных исследований из национальных кисломолочных продуктов выделены следующие микроорганизмы: *Lactobacillus delbrueckii sub sp. bulgaricus, Lactobacillus acidophilus, Streptococcus thermophilus, Lactococcus lactis subsp. lactis, Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetilactis, Lactobacillus paracasei, Lactobacillus fermentum, Lactobacillus gallinarum.*

Дальнейшие исследования были направлены на изучение физиолого-биохимических свойств штаммов лактобактерий, выделенных из национальных кисломолочных продуктов, используя тест-систему API-50. Для определения антибиотической резистентности использовали набор дисков, пропитанных различными видами антибиотиков. Антагонистические свойства определяли на плотной среде диффузионным методом.

Анализ физиолого-биохимических свойств микроорганизмов показал, что наиболее эффективными источниками углерода, азота, азота и витаминов для изучаемых штаммов являются D-глюкоза, D-манноза, амигдалин, арбутин, эскулин, салицин, D-целлобиоза, D-сахароза, D-рафиноза, генциобиоза.

Для изучения антибиотической резистентности на плотную питательную среду с исследуемыми микроорганизмами помещали диски пропитанные антибиотиками. Культивирование осуществляли при температуре 37±1°С в течение трех суток.

По результатам проведенных исследований установлено, что изучаемые штаммы молочнокислых микроорганизмов, выделенных из национальных кисломолочных продуктов, обладают наибольшей чувствительностью к хлорамфекинолу, тетрациклину и доксициклину (диаметр зоны ингибирования составляет от 18,4±0,9 мм до 34,0 ± 0,9 мм). В меньшей степени, изучаемые молочнокислые бактерии чувствительны к антибиотикам пенициллинового класса и аминигликозидам.

Исследование антагонистических свойств микроорганизмов является одной из главных задач при разработке поликомпонентных пробиотиков. Многие микроорганизмы проявляют антагонистическую активность, вследствие чего подавляется развитие сопутствующей микрофлоры и специфических метаболитов.

Для изучения антагонистической активности микроорганизмов, выделенных из национальных кисломолочных напитков, использовали следующие тест-штаммы патогенных и условно-патогенных микроорганизмов: *Escherichia coli* B-6954, *Bacillus fastidiosus* B-5651, *Pseudomonas fluorescens* B-3502, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Антагонистические свойства молочнокислых бактерий, выделенных из национальных кисломолочных напитков

Молочнокислые бактерии	**Тест-штаммы / зоны лизиса, мм**				
	***Escherichia coli* B-6954**	***Bacillus fastidiosus* B-5651**	***Pseudomonas fluorescens* B-3502**	***Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027**	***Staphylococcus aureus* ATCC 25923**
Lactobacillus delbrueckii sub sp. bulgaricus	0	7	0	8	0
Lactobacillus acidophilus	0	0	0	0	0
Streptococcus thermophilus	0	0	0	2	0
Lactococcus lactis subsp. lactis	0	9	6	0	8
Lactococcus lactis subsp. lactis biovar diacetilactis	0	0	0	0	0
Lactobacillus paracasei	0	10	0	0	0

Продолжение таблицы 1

Lactobacillus fermentum	0	0	0	0	1
Lactobacillus gallinarum	9	8	8	0	6

Результаты, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что наибольшую антагонистическую активность проявляют штаммы *Lactobacillus delbruecki isubsp. bulgaricus, Lactococcus lactis subsp. lactis, Lactobacillus paracasei,Lactobacillus gallinarum.*

Не менее важным моментом для разработки поликомпонентных пробиотиков является изучение взаимоотношений микроорганизмов, входящих в состав консорциума. К критериям для объединения монокультур относятся биосовместимость, взаимное влияние друг на друга, заключающееся в стимуляции роста и развития микроорганизмов, усилении антагонистических свойств и др.

Биосовместимость штаммов молочнокислых бактерий, выделенных из национальных кисломолочных напитков, определяли методом совместного культивирования на поверхности твердой питательной среды в чашках Петри. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Антагонистические свойства молочнокислых бактерий, выделенных из национальных кисломолочных напитков

Молочнокис-лые бактерии	**Молочнокислые бактерии**					
	Lactobacillus delbrueckii sub sp. bulgaricus	***Lactobacillus paracasei***	***Streptococcus thermophilus***	***Lactococcus lactis subsp. lactis***	***Lactobacillus fermentum***	***Lactobacillus gallinarum***
Lactobacillus delbrueckii sub sp. bulgaricus	–	БНС	БНС	БНС	БС	СА
Streptococcus thermophilus	БНС	БНС	–	БС	БС	БС
Lactococcus lactis subsp. lactis	БНС	СА	БС	–	БС	БС
Lactobacillus paracasei	БНС	–	БНС	СА	БС	БНС
Lactobacillus fermentum	БС	БС	БНС	БС	–	СА
Lactobacillus gallinarum	СА	БНС	БС	БС	БС	–

Обозначения: БС – биосовместимые; БНС – бионесовместимые; СА – слабая антагонистическая активность.

По результатам проведенных исследований установлено, что штаммы молочнокислых бактерий *Lactobacillus gallinarum, Streptococcus thermophilus, Lactococcus lactis subsp. lactis, Lactobacillus fermentum* обладают полной биосовместимостью и усиливают рост и развитие друг друга. Стимуляция роста и развития микроорганизмов при совместном культивировании происходит за счет продуктов метаболизма одного виды, оказывающего положительное действие на всех представителей консорциума. В качестве стимулирующих веществ выступают витамины группы В, пуриновые и пиримидиновые основания, нуклеотиды.

Таким образом, на основании изучения физиолого-биохимических свойств, антибиотической резистенотности, антибиотической активности и биосовместимости штаммов молочнокислых бактерий, выделенных из национальных кисломолочных напитков,

обоснован состав поликомпонентного пробиотического консорциума микроорганизмов, в который входят *Lactobacillus gallinarum, Streptococcus thermophilus, Lactococcus lactis subsp. lactis* и *Lactobacillus fermentum* в соотношении 1:1:1:1.

Микроорганизмы, входящие в состав консорциума являются представителями заквасочной микрофлоры национальных кисломолочных продуктов, таких как айран, курунга, кумыс и чегень и обладают выраженными антибиотическими свойствами. Применение поликомпонентых пробитиков на основе молочнокислых бактерий, выделенных из национальных кисломолочных продуктов, будет способствовать повышению иммунитета, повышению мышечного тонуса, улучшению работы желудочно-кишечного тракта.

Список литературы

1. Просеков, А. Ю. Инновационный менеджмент биотехнологий заквасочных культур / А. Ю. Просеков, Л. А. Остроумов // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 4. – С. 64–69.

2. Подбор параметров стабилизации (замораживание и сушка) симбиотического консорциума с целью получения закваски прямого внесения / В. Ю. Крумликов, Л. А. Остроумов, С. А. Сухих, О. В. Кригер // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 3. – С. 25–30.

3. Кригер, О. В. Основы биотехнологической переработки сырья растительного, животного, биологического происхождения и рыбы / О. В. Кригер. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2012. – 103 с.

4. Основы биотехнологии / А. Ю. Просеков, О. В. Кригер, И. С. Милентьева, О. О. Бабич. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2015. – 214 с.

5. Вопросы современной науки / Под редакцией Н.Р. Красовской; ООО «Интернаука». – Москва, 2017. – 206 с.

6. Antioxidant and antimicrobial activity of bacteriocin-producing strains isolated from the human gastrointestinal tract / A. Yu. Prosekov [et al.] // Progress in nutrition. – 2017. – Vol. 19. – No. 1. – P. 67–80.

7. Determination of the intensity of bacteriocin production by strains of lactic acid bacteria and their effectiveness / M. I. Zimina, A. F. Gazieva, J. Pozo-Dengra, S. Y. Noskova, A.Y. Prosekov // Food and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5. – No. 1. – P. 108–117.

8. Prosekov, A. Yu. Food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Food and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4. – No. 2. – P. 201–211.

9. Optimization of conditions for biodegradation of puoltry industry wastes by microbial consortium / A. Prosekov [et al.] // Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences. – 2015. – Vol. 17. – No. 3. – P. 515–519.

10. Study of biocompatibility and antitumor activity of lactic acid bacteria isolated from the human gastrointestinal tract / A. Y. Prosekov [et al.] // International Journal of Pharmacy and Technology. – 2016. – Vol.8. – No. 2. – P. 13647–13661.

11. Просеков, А. Ю. Теоретическое обоснование и технологические принципы формирования молочных пенообразных дисперсных систем: дисс. … д-ра. техн. наук: 05.18.04 / Просеков Александр Юрьевич. – Кемерово, 2004. – 450 с.

12. Просеков, А. Ю. Физико-химические основы получения пищевых продуктов с пенной структурой / А. Ю. Просеков. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2001. – 172 с.

УДК 637.5

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРОИЗВОДСТВА КЛЕТОЧНОГО МЯСА

А. Б. Лисицын, И. М. Чернуха, О. И. Лунина
Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН,
г. Москва, Россия

Исследования по созданию альтернативных методов получения белка для пищевых целей являются одним из направлений научных разработок современной индустрии пищевой продукции.

Формирование этого направления вызваны следующими причинами [1, 2, 3, 4]:

– увеличение численности населения земного шара и увеличения производства пищевых продуктов животного происхождения;

– неравномерное распределение производства и потребления мясной продукции между регионами мира (необходимость ее доставки, особенно в страны Африки и Азии с неблагоприятными для мясных продуктов условиями хранения/логистики);

– проблемы окружающей среды на территориях, занятых под пастбища, фермы и производственные постройки (использование в больших объемах зерна, питьевой воды, выделение в атмосферу парниковых газов/метана, загрязнение почвы) − особенно это относится к выращиванию говядины;

– болезни, связанные с потреблением мясной продукции с высоким содержанием антибиотиков, выработанных из сырья от инфицированных животных, не безопасных в результате неправильного и длительного хранения;

– появление устойчивых штаммов бактерий, сохраняющихся в процессе технологической обработки мяса;

– возможность получать ткани для медицинских целей (трансплантации органов).

В статье рассмотрены подходы создания мяса *in vitro*.

Животный белок – необходимая часть пищевого рациона, потребление которого является обязательным в любом возрасте. По данным ФАО к 2050 году численность населения приблизится к 9 миллиардам, при этом наибольший темп прироста населения ожидается в странах Латинской Америки. Потребность в мясе в ближайшие 40 лет, по данным Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (Food and Drug Administration), удвоится, и традиционное животноводство будет не в состоянии удовлетворить этот спрос.

В России также существует дефицит производства пищевого белка, причинами которого являются последствия продолжавшейся почти двадцать лет стагнации скотоводства и снижение покупательской способности населения. На каждого жителя страны в 2013 г. произведено около 15,5 кг белка при норме 20,4 кг в год. За последние годы происходит удорожание производства полноценных белков в России (в 3-6 раз), основным поставщиком которого является животноводство и птицеводство [5].

Проблему сокращения дефицита полноценного белка возможно решить благодаря созданию альтернативных методов его получения.

Наиболее перспективным путем восполнения дефицита пищевого белка является микробиальный белок – белок, полученный в результате выращивания микроорганизмов на различных субстратах. Процесс получения кормового микробиального белка хорошо известен. До 1980-х годов в СССР производилось до одного миллиона тонн кормового микробиального белка. В настоящее время объемы производства уменьшились в десятки раз.

Еще один из путей решения - получение аналогов мяса из растительного сырья, направление, которое в последние годы завоевывает у потребителей все большую популярность, в основном, у приверженцев вегетарианской пищи и людей, потребляющих низкокалорийную диету, страдающих ожирением и рядом других заболеваний, ограничивающих потребление мяса. Это, в первую очередь, белок сои и других бобовых. Известны текстурированные соевые продукты, по внешнему виду напоминающие кусочки мяса. Основные заменители мяса – это тофу, темпей (индонезийская лепешка из

ферментированной сои), куорн (на базе микопротеина), сейтан (на основе пшеничного белка) и некоторые другие (рис. 1).

Источником натуральных белков с его высоким уровнем содержания являются нетрадиционные животные, например, зебра [6] и насекомые [7] которые в некоторых странах рассматриваются в качестве сырья для производства полноценного белка в рационах питания человека.

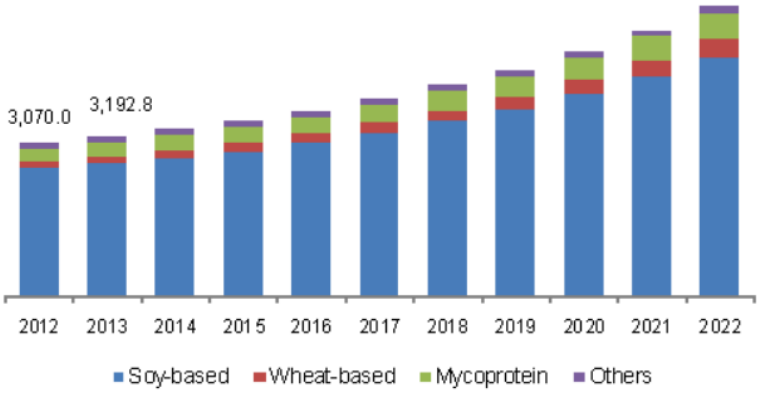


Рисунок 1 – Динамика мирового рынка заменителей мяса 2012 - 2022 (млн. долларов США по стоимости сырья), где синий – соя; красный – пшеница, зеленый – грибной белок (микопротеин), фиолетовый – прочее [https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/meat-substitutes-market]

Известны и другие источники белка. Так, например, японский ученый Митсуюки Икеда еще в 2011 году разработал бургер, сделанный из сои, мясного сока и белка, извлеченного из человеческих фекалий, и прозванный в СМИ, «какашка бургер» (shitburger) [4]. Вместе с тем, в «какашкабургере» содержалось 63 % белка, 25 % углеводов, 3 % жиров, 9 % минеральных веществ. Иными словами, «какашкабургер» оказался весьма питательным высокобелковым продуктом. Учитывая дешевизну сырья и процесса производства, по стоимости такой бургер будет доступен самым неимущим слоям населения земного шара.

Совершенно обособленно стоит направление получения животного белка путем культивирования клеток (*in vitro).*

Ученые до конца не определились с термином на такой продукт: клеточное мясо, культуральное мясо, искусственное мясо, мясо *in vitro,* культивированная мышца или культивированный мышечный протеин – неполный перечень названий, каждое из которых неполно отражает продукт.

Исследования по выращиванию био-искусственных мышц были начаты более 20 лет назад, и вызвали большой интерес науки. Сначала в медицинских целях для выращивания тканей для трансплантации органов и реконструкции поврежденных тканей мышц из собственных клеток пациентов [4], затем в пищевой промышленности с прицелом на производство полноценного белка для длительных космических полетов [8], а сегодня для получения гамбургеров и мясных изделий. Первый семинар по проблеме мяса *in vitro* состоялся в июне 2007 года, а уже в апреле 2008 года в Норвегии в Исследовательском институте пищи (Matforsk) состоялся первый международный симпозиум. В августе 2013 года в Лондоне была проведена дегустация первого гамбургера, культивированного из стволовых клеток. В октябре 2015 года прошел симпозиум по производству мясных продуктов из искусственного мяса, где была представлена поваренная книга из мяса *in vitro* («*in vitro* meat cookbook»), в том числе линейка новых продуктов из него [4]. В том же году целый выпуск издания Journal of integrative agriculture (том 14, выпуск 2, стр. 197-410) целиком был посвящен проблеме клеточного мяса.

Одним из преимуществ искусственного мяса для пищевой науки является возможность формирования и регулирования питательной ценности, придания заданных свойств пищевому продукту, что открывает большие возможности создания широкого

ассортимента функциональных и лечебно-профилактических пищевых продуктов, а также моделирование новых видов мясного сырья.

Существуют два подхода для производства мяса *in vitro*: путём формирования совокупности несвязанных мышечных клеток, и путём формирования структурированных мышц. Второй подход является гораздо более сложным, чем первый [9].

Важной характеристикой для клеток культивированного мяса должна быть способность клетки достаточно долго воспроизводиться. Прежде всего, это миобласты или сателлитные клетки [3], взятые из различных частей тела животного или их эмбрионов (стволовые клетки, отвечающие за регенерацию мышечной ткани после повреждения). Сателлитные клетки легко дифференцировать в миотубы (Т-трубочки) и зрелые миофибриллы. При культивировании клетки достигают максимального количества, что делает их предпочтительным источником клеток для скелетной мышечной ткани. [8]. Альтернативой являются эмбриональные стволовые клетки, индуцированные плюрипотентные свиные стволовые клетки.

Разработаны методы получения скелетных мышц, жира, соединительной ткани, костей и хрящей, которые прошли испытания в лабораторных условиях. Также необходимо придать полученной ткани свойства натуральной мышцы: способности к сокращению и расслаблению, наличию нервной ткани и кровеносных сосудов.

Формирование органолептических характеристик мясной продукции (вкус, запах) имеет особое значение при выращивании культивированного мяса. Немаловажную роль в этом играет жировая, костная и соединительная ткани. Для производства жировой ткани подобраны стволовые клетки, полученные от жировой ткани, которая показала склонность к образованию пре-адипоцитов и дальнейшей дифференцировки во взрослые адипоциты [3]. Взрослые стволовые клетки жировой ткани являются уникальными для производства культивированного мяса, так как способны в дальнейшем образовывать клетки тканей, из которых они были взяты.

Исследованы стволовые клетки из шеи коровы; эмбриональные стволовые клетки свиней и коров (сотрудники Утрехтского университета, Нидерланды); клетки кожи свиньи, которые преобразованные в стволовые (Николас Дженовезе из Миссурийского университета); костный мозг и жировая ткань крупного рогатого скота [3, 10].

Эффективное выращивание культивированного мяса в основном зависит от условий выращивания. Оптимизация этого процесса возможна при ведении контроля над многочисленными переменными, характеризующими питательные свойства, биохимические и биофизические условия культивирования и др., а также возможными взаимодействиями между этими переменными [3]. Несмотря на многочисленные исследования в этой области теоретические основы для системного подхода всё ещё до конца не сформированы.

Разработаны различные варианты питательных сред: сывороточные, т.к. сыворотка играет большую роль в прикреплении, пролиферации и дифференцировке клеток [11]; и бессывороточные (синтетические) питательные среды. Среды, основанные на сыворотке, пока превосходят синтетические [3], хотя имеют многие недостатки. Рассматриваются бессывороточные среды, например, на лизате водорослей [12]. Сегодня все еще остается актуальной решение задачи создание чистых и здоровых сред для культивирования стволовых клеток.

Формирование органолептических характеристик культивированной ткани (цвета, вкуса и питательной ценности) является научной задачей, над которой работают ученые. Для формирования текстуры цвета и вкуса ученые пытаются воспроизвести отдельные виды белков, влияющие на эти характеристики [3]. Содержание низкого уровня кислорода в процессе роста мышечных волокон способствует усилению дифференцировки мышечной ткани, увеличению миоглобина в несколько раз и формированию цвета, вкуса и питательной ценности культивированной ткани [12].

В задачи специалистов по тканевой инженерии входит выбрать взрослые клетки, вырастить их в биореакторах и использовать клетки для производства мышечной ткани [13].

В России также ведутся исследования в этом направлении. В 2006 году получен патент [11] на «Способ получения мясного продукта», из скелетных миобластных и фибробластных клеток, которые можно употреблять в качестве пищевого продукта. Способ

включает выделение мезенхимальных клеток от любого вида сельскохозяйственных животных посев таких клеток на поддерживающий каркас и их выращивание под действием электрического поля. Совместно МГУ пищевых производств, ВНИИ экспериментальной ветеринарии им. Я.Р.Коваленко, ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова вели исследования по разработке методов создания культурального мяса, в результате которой получена биомасса путем направленной миодифференцировки мультипотентных мехензимных стволовых клеток *in vitro,* установлено, что эти клетки способны формировать клетки жировой, костной и мышечной тканей при культивировании в индукционных средах. Изучение фракционного состава белков и общего аминокислотного состава клеточной биомассы и оценка основных показателей ее биологической ценности свидетельствуют о ее сходстве с мышечной тканью говядины и перспективности использования в качестве базового компонента для создания пищевых композиций [14]. Дальнейшие разработки по созданию технологии получения мяса *in vitro* прекращены из-за отсутствия финансирования.

Для получения культурального мяса во ВНИИ механизации животноводства разработан экспериментальный двухкамерный биореактор с системой управления, поддерживающий технологию культивирования *in vitro* мультипотентных мезенхимных стволовых клеток крупного рогатого скота [15].

Перед учеными стоят трудности, которые придется преодолеть в процессе создания искусственного мяса в будущем:

- технологические

– воспроизведение мышечных, жировых и других клеток и сопутствующие проблемы;

– создание культурных сред для обеспечения высоких темпов роста клеток;

– риск спонтанного роста нежелательных (напримермутирующих) клеток;

– необходимость использования антибиотиков, фунгицидов, стимуляторов роста, гормонов наряду с питательными веществами (витамины, аминокислоты, липиды) для пролифирации целевых клеток;

– формирование органолептических характеристик (вкус, цвет, запах, консистенция), максимально приближенных к мясу;

– отсутствие технологии для производства клеточного мяса в промышленных масштабах, высокая себестоимость производства;

- экономические

– высокие энергозатраты на производство этого продукта;

- социальные

– предвзятость потребителя;

– религиозные традиции потребления пищевых продуктов;

– усиление власти продовольственных компаний.

К настоящему времени разработаны различные альтернативы белку животного происхождения. Это растительный белок и, в первую очередь соя, микробиальный белок, включая продукты генной инженерии, белок от переработки нетрадиционных животных, а также насекомых, личинок и червей. В этом ряду можно разместить и , так называемое, мясо *«in virto»*.

Потребители имеют разные мнения в отношении нового вида продукта. Одни прогнозируют, что в ближайшее время мясо *in vitro*, будет неотъемлемой частью рациона человека, так как имеет ряд преимуществ для здоровья по сравнению с традиционной пищей и в будущем вытеснит натуральное мясо с рынка. Другие считают, что коммерциализация мяса *in vitro* будет проблемой, из-за того что, искусственный характер продукта идет вразрез с растущим спросом на натуральные продукты во многих странах [8, 4, 16, 17].

Технология для культивированного мяса находится в начальной стадии разработки. Существует много проблем, которые необходимо преодолеть, чтобы мясо *in vitro* можно было назвать мышечной тканью с присущими ей функциональными характеристиками, включая набор питательных веществ, микроэлементов и других биологически активных соединений.

Необходимы дальнейшие фундаментальные и практические разработки для того, чтобы на прилавках появилось искусственное мясо.

Список литературы

1. Возрастающая угроза развития антимикробной резистентности. Возможные меры // ВОЗ, 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.who.int/iris/bitstream/10665/44812/16/9789244503188_rus.pdf.

2. Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes / Pavan Kumar, M. K. Chatli, Nitin Mehta, Parminder Singh, O. P. Malav, Akhilesh K. Verma // Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2017. – Vol. 57. – No. 5. – P. 923–932.

3. Post, M. J. Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects / Mark J. Post // Meat Science. – 2012. – Vol. 92. – No. 3. – P. 297–301.

4. Hocquette, J. F. Is in vitro meat the solution for the future? / J. F. Hocquette / Meat Sience. – 2016. – Vol. 120. – P. 167–175.

5. Чинаров, А. В. Экономические проблемы формирования внутреннего рынка белков животного происхождения / А. В. Чинаров, В. И. Чинаров // Вестник ВНИИМЖ. – 2014, №1(13), с.128-130.

6. Louwrens, C. How healthy is zebra meat? / C. Louwrens, H. Geldenhuys, G. Geldenhuys // 60th International Congress of Meat Science and Technology, Uruguay, 2014. – 318 p.

7. Exstraction and characterization of protein from five difference insects / L. Yi, V. Elsner-Schadler, C.M.M. Lakemond, A. van Huis, and M. A.J.S. van Boekel // 59th International Congress of Meat Science and Technology, Turkey, 2013. – S1-1.

8. Tissue engineering approaches to develop cultured meat from cells: A mini review / M. S. Arshad [et al.] // Journal Cogent Food & Agriculture. – 2017. – Vol. 3. – № 1. – P. 1–11. DOI: 10.1080/23311932.2017.1320814.

9. Мясо из пробирки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Мясо_из_пробирки.

10. Характеристика мезенхимных стволовых клеток, выделенных из костного мозга и жировой ткани крупного рогатого скота / И. М. Волкова, Е. В. Викторова, И. П. Савченкова, М. И. Гулюкин // Сельскохозяйственная биология. – 2012. – № 2. – С. 32–37.

11. Патент A23L1/31 ФАО ГОУ ВПО Московский государственный университет прикладной биотехнологии (RU) публикация патента: 20.01.2008.

12. Production and supply of high-quality food protein for human consumption: sustainability, challenges, and innovations / G. Wu [et al.] //Annals of the New York Academy of Sciences. – 2014. – Vol. 1321. – No. 1. – P. 1–19. DOI: 10.1111/nyas.12500.

13. Bhat, Z. F. In vitro meat: A future animal-free harvest / Z. F. Bhat, S. Kumar, H. F. Bhat // Journal Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2017. – Vol. 57. – No. 4. – P. 782–789. DOI: 10.1080/10408398.2014.924899.

14. Мясо *in vitro*. Исследование белков и общих аминокислот / И. А. Рогов, А. Б. Лисицын, И. М. Волкова, К. Т. Таранова // Все о мясе. – 2013. – № 4. – С. 22–25.

15. Петров, Е. Б. Экспериментальный образец биореактора с системой управления для получения мяса *in vitro* как перспективного источника полноценного белка // Е. Б. Петров, В. Ю. Сидорова, Н. Н. Новиков // Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства. – 2017. – № 1 (25). – С. 83–87.

16. Explicit and implicit attitude toward an emerging food technology: The case of cultured meat / G. A. Bekker , A. R..H. Fischer, H. Tobi, H. C. M. van Trijp // Appetite. – 2017. – Vol. 108. – P. 245–254. DOI: 10.1016/j.appet.2016.10.002.

17. Laestadius, L. I. Is the future of meat palatable? Perceptions of in vitro meat as evidenced by online news comments / L. I. Laestadius, M. A. Caldwell // Public Health Nutr. – 2015. – Vol. 18(13). – P. 2457–2467. DOI: 10.1017/S1368980015000622.

УДК 338.439.02

ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

А. Ю. Просеков
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Вопрос глобальной продовольственной безопасности актуален в свете ряда причин, важнейшей из которых является рост населения планеты: по прогнозам ученых к 2030 году на земле будет 8 миллиардов жителей. Однако тот факт, что базовая потребность людей в питании не может быть полностью удовлетворена, объясняется не только приростом населения. Дополнительное негативное влияние оказывают стихийные бедствия, вооруженные конфликты, техногенные катастрофы и экологические проблемы. Как ни парадоксально, причиной последних нередко становится стремление преодолеть проблему голода: в результате сельскохозяйственной деятельности человека происходит загрязнение и нарушение водного режима почв, что в свою очередь приводит к сокращению площади плодородных земель и может вызвать голод.

Наконец, существенным фактором, провоцирующим продовольственные кризисы, является глобализация экономики в целом и торговли продуктами питания в частности. Одно из следствий глобализации – это зависимость цен на продукты от макроэкономических факторов: «The global food price spikes of 2007–2008 and 2010 led to increased awareness of the complexity of food (in)security as a policy problem that crosscuts traditional sectoral, spatial and temporal scales» [1; 195].

Также глобальные процессы в экономике приводят к значительному разрыву в уровне жизни между населением развитых и развивающихся стран. В результате этой поляризации наблюдается переизбыток продовольствия в одних государствах и его острый недостаток в других, как правило, тех, где население растет наиболее быстрыми темпами.

Согласно социологическим прогнозам, к 2050 году в 2 и более раз вырастет работоспособное население в 52 странах мира, в эту группу входит почти весь африканский континент, а также такие страны, как Ирак, Афганистан, Гватемала, Папуа Новая Гвинея. Центры населения переместятся от азиатских стран в сторону стран Африки, к 2100 г. численность населения Африки вырастет с 1.1 до 4.2 млрд. человек: «Under this projection, Africa’s population density would be roughly equal to that of China today» [2; 235]. Население Китая в свою очередь начнет уменьшаться к 2030 г. Индия начнет соперничать с Китаем по численности населения к 2028 г., когда численность населения обеих стран достигнет 1.45 млрд. [3].

Очевидно, что для обеспечения глобальной продовольственной безопасности необходим принципиально новый подход, не только нацеленный на решение сиюминутных задач нехватки продовольствия в конкретных регионах мира, но и позволяющий предотвратить проблему голода в будущем с учетом изменяющейся демографической ситуации.

Проблема голода привлекает к себе внимание мировой общественности, начиная с середины прошлого века. Первым документом, закрепившим право человека на пищу, стала Всеобщая декларация прав человека (1948 г.). Впоследствии это право было отражено в тексте Международного пакта об экономических, социальных и культурных правах 1966 г. Всемирная продовольственная программа, начавшая работу в рамках ООН в 1963 г., оказывает помощь голодающим странам, предоставляя им денежные средства и продовольствие. Проблема голода осознается как глобальная, и работу над ней ведет все мировое сообщество: в 1974 г. прошла Всемирная конференция по продовольствию, с 1975 г. функционирует Комитет по всемирной продовольственной безопасности. Тем не менее, Римская декларация о всемирной продовольственной безопасности (1996 г.) возлагает ответственность за обеспечение потребности населения в питании не только на международные организации, но и на правительства отдельных стран.

В России на сегодняшний день обеспечение продовольственной безопасности и продовольственного суверенитета государства является одной из важнейших задач. Само понятие продовольственной безопасности вошло в юридический оборот в нашей стране в 1996 г., когда была принята Федеральная целевая программа «Стабилизация и развитие агропромышленного производства Российской Федерации на 1996–2000 годы». В течение последующих двух десятилетий значение продовольственной безопасности получило более глобальное осмысление и в настоящее время отражено в таких программных документах, как Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (2010 г.) и Стратегия национальной безопасности Российской Федерации (2009 и 2015 гг.).

История продовольственных кризисов в России

Проблема продовольственной безопасности для России была актуальной в течение многих веков. Неурожаи и вызванный ими массовый голод зафиксированы еще в летописях (первое упоминание «о голоде великом» датировано 1024 г.) и в трудах таких историков, как В. Н. Татищев, Н. М. Карамзин, Н. И. Костомаров, В. О. Ключевский. В качестве причины продовольственных кризисов исторические источники называют неурожай, который в свою очередь вызван неблагоприятными атмосферными явлениями, появлением вредных для посевов животных и насекомых, а также чрезмерного разлития рек.

Большинство историков связывают первые эффективные шаги по борьбе с голодом с именем Бориса Годунова: население безвозмездно и безвозвратно получало продовольственные паи и денежные пособия, правительство устанавливало фиксированную цену хлеб, были организованы общественные работы. Однако при всей эффективности, эти меры имели ограниченный и временный характер, так как действовали исключительно во время голода с целью предотвращения его негативных последствий. Планомерную борьбу со скупщиками зерна, из-за которых в неурожайные годы увеличивался дефицит и росли цены, начал царь Алексей Михайлович Романов, издавший серию распоряжений, в которых обещал зерновым спекулянтам «строгие наказания».

Петр I предпринял более решительный шаг в борьбе с продовольственными кризисами: после неурожая 1723 г. при Камер-коллегии была создана особая контора, «которая бы всегда мыслила, каким образом во время недорода народ довольствовать». В то же время была учреждена должность Генерального эконома, который должен был присматривать «чтобы везде запасной хлеб был, дабы в неурожайные годы народ голоду не терпел». Павел I в одном из своих законодательных актов постановил учредить хлебные магазины (склады) в удельных волостях и ввел обязательный ежегодный хлебный сбор для государственных крестьян. Императором Александром I в 1822 г. был подписан именной указ, регламентирующий количество и качество хлебных запасов, процесс их пополнения, обновления и расходования.

Несмотря на постоянные усовершенствования, хлебозапасная система могла лишь в небольшой степени обеспечить население питанием и посевным материалом в случае неурожая. Так, в 1832–1833 гг., когда достаточно обширные районы страны постигла череда неурожаев, хлебных запасов, имеющихся в наличии, оказалось недостаточно. Для предотвращения голода потребовалось дополнительное финансирование, и правительством была выделена сумма в размере 30 млн. рублей.

В царствование Николая I был учрежден специальный комитет, задачей которого стал поиск более верного и надежного основание для выработки новых и более совершенных продовольственных мер. Министр Николая I П. Д. Киселев с целью предотвращения последствий негативного воздействия климатических факторов на сельскохозяйственное производство страны и в целом для улучшения быта государственных крестьян предпринял активные меры по благоустройству казенной деревни, вошедшие в историю под названием «киселевской реформы».

Реализованные правительством Александра II либерально-демократические реформы во многом передали дело обеспечения продовольственной безопасности под ответственность созданных в 1860-е гг. земских учреждений и органов крестьянского самоуправления.

Земства развернули широкую деятельность по совершенствованию хлебозапасной системы, но и они оказались не в силах справиться с голодом, поскольку накопление зерна было малоэффективным на фоне регулярных неурожаев.

В конце XIX века, во время антиголодной кампании 1891–1892 гг. созрела идея о необходимости кардинального усовершенствования законодательства об общественной продовольственной безопасности. «Временные Правила по обеспечению продовольственной потребности сельских обывателей», разработанные комиссией под председательством В. К. Плеве, предусматривали три возможных способа формирования страхового продовольственного фонда натуральный, создававшийся посредством «засыпки зерна в магазины»; капитализированный, составлявшийся за счет денежных отчислений; и комбинированный.

Важным событием в части обеспечения продовольственной безопасности страны в начале XX века стали реформы А. П. Столыпин, начатые в 1906 году. В этот период в европейской части России достаточно остро стояла проблема так называемого аграрного перенаселения, а столыпинская реформа давала крестьянину возможность выйти из общины и получить часть общинной земли в личную собственность. Почти половина вышедших из общины крестьян продали полученные в собственность наделы, многие затем переселились за Урал, в Сибирь; своей кульминации миграционный поток достиг в 1908–1909 гг., когда переселенческий процесс охватил более миллиона человек. Эти меры позволили освоить новые земли и увеличить посевную площадь, что было особенно важно в свете того, что в России в начале XX века рост производства зерновых культур достигался экстенсивным путем. Российская империя и Соединенные Штаты являлись абсолютными лидерами по размеру посевных площадей: у находящихся на третьем и четвертом местах Франции и Аргентины этот показатель был почти в пять раз ниже. Однако лучшие показатели урожайности в этот период были у стран, имеющих сравнительно небольшие посевные площади, а Россия и США в плане урожайности значительно отставали.

Нестабильную в плане продовольственной безопасности ситуацию в России в начале XX века значительно усугубили социальные факторы. Историки полагают, что продовольственные трудности периода Первой мировой войны стали одной из предпосылок февральской буржуазно-демократической революции: с 1914 года крестьян призывали в армию, для нужд фронта реквизировали лошадей и скот, промышленность работала на нужды войны, поэтому почти прекратилось производство сельскохозяйственных машин, орудий, удобрений. Нехватка трудоспособного населения в деревнях, малое количество тягловой силы и сельскохозяйственного инвентаря привели к сокращению посевных площадей и снижению объемов производства сельхозпродукции.

Однако две революции 1917 года не могли моментально решить проблему обеспечения населения продовольствием, более того кардинальные изменения в политической сфере еще больше осложнили положение. После безрезультатной попытки наладить товарообмен между городом и деревней была введена карточная система распределения продовольственных и промышленных товаров, охватывавшая порядка 24 млн. человек. Ответственность за снабжение населения продовольствием лежала на Народном комиссариате продовольствия, который в 1919 году начал проводить продразверстку в деревнях. Продразверстка позволила избежать массового голода в городах, однако подрывала производительные силы деревни и спровоцировала острую нехватку продовольствия в сельской местности.

Гражданская война и сопутствующий массовый голод привели к тому, что с осени 1917 г. до начала 1921 г. население России уменьшилось почти на 11 миллионов человек. Убыль населения продолжалась в 1921 г. (почти на 2 миллиона) и в 1922 г. (на 1,6 миллиона). Тем не менее, даже при столь значительном сокращении населения в России наблюдался острый дефицит продовольствия, что свидетельствовало о глубоком кризисе в сельскохозяйственной отрасли. В 1910–1920-х гг. намного уменьшились как посевные площади, так и поголовье крупного рогатого скота.

Развитие аграрной сферы стало первоочередной задачей для руководства СССР, в чьи планы входило не только обеспечение продовольственной безопасности населения, но и экспорт зерна с целью получения необходимых для модернизации страны денежных средств. Над сельхозпроизводителями был установлен государственный контроль: постановление ЦК ВКП (б) от 5 января 1930 г. закрепляло необходимость коллективизации крестьянских хозяйств в зерновых районах страны к окончанию первой пятилетки (1928–1932). Так была создана социалистическая основа сельского хозяйствования, которая позволяла государству, являвшемуся собственником земли, распределять инвестиционные ресурсы между колхозами и совхозами, устанавливать производственные задания и закупочные цены на сельскохозяйственную продукцию. Такая специфика экономических условий делала добросовестный труд бессмысленным для большинства колхозников, а принудительное изъятие сельхозпродукции привело в начале 1930-х годов к массовому голоду.

В период Великой Отечественной войны на сельскохозяйственную сферу легла ответственность за снабжение фронта и городов продовольствием, за обеспечение промышленных предприятий сырьем, эвакуацию и реэвакуацию техники, продовольствия, скота и материалов. При этом на оккупированных в первые месяцы войны территориях проживало около 40 % населения, и производилась значительная часть сельскохозяйственной продукции. В довоенные годы посевные площади оккупированных районов обеспечивали 52 % сбора зерна, 86 % урожая сахарной свеклы, 70 % картофеля, 56 % производимого мяса и 57 % молока. По причине оккупации западных территорий СССР потерял к началу 1943 г. 54 % валовой продукции сельского хозяйства, а в целом за годы войны валовая продукция сельского хозяйства сократилась на 40 % [4; 85. 87, 95].

Быстрому восстановлению отрасли в послевоенный период препятствовал ряд объективных факторов, в первую очередь нехватка кадров, но значительную роль сыграл и принятый в 1946 г. был принят закон «О пятилетнем плане восстановления и развития народного хозяйства СССР на 1946–1950 гг.», определивший основные направления и ключевые показатели восстановления сельскохозяйственного производства в стране. Согласно плану, государство инвестировало в аграрную сферу лишь часть необходимых средств, остальное должны были восполнять сами колхозы из своих доходов: планом была установлена сумма в размере 38 млрд. рублей. С учетом низких цен по государственным заготовкам, это означало, что капиталовложения будут происходить за счет небольшой оплаты труда колхозников.

Анализируя ключевые показатели пятилетнего плана восстановления хозяйства страны, в том числе и сельского хозяйства, следует отметить, что к 1950 г. удалось достичь довоенного уровня развития по главным направлениям сельскохозяйственного производства, но темпы роста производства сельскохозяйственной продукции в период 1940-х – начала 1950-х гг. были очень низкими. Так, за 12 лет прирост составил лишь 1 % по отрасли в целом.

Проблемы в аграрной сфере были впервые озвучены на сентябрьском Пленуме ЦК КПСС (1953 г.), положившем начало процессу реформирования отрасли, однако «хрущевское десятилетие» не смогло обеспечить положительную динамику основных показателей производства сельскохозяйственной продукции, в первую очередь из-за ускоренных темпов введения новых культур, технологий и принципов хозяйствования.

После отставки Н. С. Хрущева в 1964 г. началось реформирование системы управления в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в аграрной сфере. Эти преобразования вошли в историю под названием «косыгинской реформы» – по имени председателя Совета министров А. Н. Косыгина. Реформа проводилась по следующим направлениям: усиление материальной заинтересованности колхозников в результатах собственного труда с использованием механизма закупочных цен, улучшение технического оснащения предприятий сельского хозяйства, а также повышение уровня социально-бытового обеспечения жителей села, что должно было остановить отток молодежи из деревни и обеспечить отрасль необходимыми рабочими руками.

Таким образом, во второй половине 1960-х гг. сельское хозяйство стало одним из приоритетных направлений развития экономики страны, в результате производство сельскохозяйственной продукции показало существенный рост, например, производство зерна выросло на 73 %. Однако уже в 1970 г. в аграрной отрасли началась фаза «застоя», поскольку для дальнейшего повышения эффективности требовалась дальнейшая реорганизация отрасли. В частности, существовала необходимость усиления личной заинтересованности работников в результатах своего труда, что было невозможно в системе плановой экономики СССР.

Стагнация сельскохозяйственной сферы вызвала продовольственный кризис, который воспринимался особенно негативно на фоне роста потребностей советского народа в продуктах питания. Лозунги о построении в СССР «развитого социализма» диссонировали с пустыми полками в магазинах страны. В конце 1970-х – начале 1980-х гг. в СССР массовой практикой стали поездки в крупные города за дефицитными продовольственными товарами.

Решить проблему обеспечения населения продуктами питания, не проводя радикальных политических реформ, позволила международная ситуация, а именно состояние нефтяного рынка, где в 1973–1974 г. произошел резкий скачок цен. Экспорт энергоносителей позволил СССР импортировать продукты питания, и если в 1950–1960 гг. импорт продовольствия был относительно сбалансирован, то с середины 1970-х гг. количество завозимого продовольствия резко выросло, а состав его расширился.

В 1982 г. на Пленуме ЦК КПСС было принято решение о разработке Продовольственной программы СССР, призванной вывести сельское хозяйство страны из кризиса и превратить его к 1990 г. из крупного потребителя союзного бюджета в крупнейшего донора. Однако к концу 1980-х гг. вопрос о реализации Продовольственной программы был снят ввиду недостатка финансирования, а сельское хозяйство СССР начало погружаться в чрезвычайно болезненный структурный кризис, связанный с его рыночной трансформацией. Средств на приобретение продовольствия за рубежом у государства не осталось, и перед руководством страны встала проблема нехватки основных видов продовольствия.

На период первой половины 1990-х гг. правительством Б. Н. Ельцина была намечена реализация программы по переводу сельского хозяйства страны на функционирование в условиях свободного рынка. Для этого предполагалось, в частности, преобразовать государственные совхозы и колхозы в частные предприятия, однако для этого требовалась полная перестройка сельской инфраструктуры, рассчитанной изначально на крупные хозяйства. «Раздел колхозов и совхозов на семейные фермы в сложившихся обстоятельствах обрекал крестьянство на архаичные технологии и образ жизни» [5], таким образом, деколлективизация стала тем фактором, который способствовал спаду сельскохозяйственного производства. Для успешного функционирования новых субъектов хозяйствования не были созданы соответствующие условия, а форсированная ликвидация колхозов привела к нарушению социальной инфраструктуры в деревне. Можно сравнить восьмилетие 1991–1998 гг. с восьмилетием 1917–1924 гг., когда в результате революционной смены модели государственности страна оказалась в состоянии затяжного продовольственного кризиса, однако процесс деколлективизации имел больше негативных последствий, чем коллективизация 1930-х гг.

В 1990-е гг. произошла катастрофическая минимизация потребительской корзины – сократилось потребление практически всех жизненно важных, энергетически ценных для человеческого организма продуктов питания. Хотя голода удалось избежать, официальные документы фиксировали факт хронического недоедания и неполноценного питания значительного количества россиян.

Эволюция продовольственной безопасности

Как было показано выше, с продовольственными кризисами население сталкивалось на протяжении всей своей истории, по мере формирования и укрепления централизованной власти обеспечение продовольственной безопасности стало задачей государства.

Термин продовольственная безопасность впервые был введен в глобальную повестку в 1974 году и с тех пор значительно эволюционировал. Произошел «переход от концепции национальной продовольственной безопасности, рассчитываемой на базе национального самообеспечения основными продуктами питания, к потенциальной продовольственной безопасности домашнего хозяйства, рассчитываемой по показателям обеспечения энергетическими диетическими ресурсами и далее по реальной продовольственной безопасности домашнего хозяйства на основе сбалансированной диеты» [6; 146].

Согласно Римской Декларации о всемирной продовольственной безопасности, понятие продовольственной безопасности не ограничивается физической и экономической доступностью достаточного количества полноценной и безопасной и питательной пищи для всех групп населения. Основой продовольственной безопасности страны является ее продовольственная независимость, то есть производственная и экономическая самостоятельность, минимизирующая влияние внешнеполитических факторов. Национальная продовольственная система должна быть надежной, а значит сезонные, погодные и иные колебания не должны оказывать существенного влияния на снабжение продовольствием населения всех регионов страны. Наконец, национальная продовольственная система должна быть устойчивой, то есть развиваться в режиме расширенного воспроизводства.

В соответствии с перечисленными составляющими продовольственной безопасности продовольственная политика государства должна решать не только задачи производства и справедливого распределения продуктов питания, но и способствовать экономическому развитию агропромышленного комплекса в долгосрочной перспективе. Последний аспект очень важен для современной России, поскольку производство зерновых и продукции растениеводства в период 1994–2007 гг. значительно сократилось. Анализ статистических данных позволяет сделать вывод о том, что зерновое производство в России в переходный период конца XX – начала XXI вв. снизилось до уровня 1953–1972 гг. Валовые сборы зерновых и зернобобовых в период 1966–1993 гг. колебались в диапазоне от 85 до 127 млн. тонн, лишь дважды (в экстремально засушливые 1975 и 1981 гг.) опустившись ниже. Сборы 1994–2007 гг. варьировали в рамках 48–85 млн. тонн, как и в период 1953–1965 гг. Рекордно низкий сбор на уровне 1953 г. засвидетельствован в 1998 г., когда случилась наиболее сильная с 1963 г. засуха. Восстановление с 2008 г. (за исключением чрезвычайно засушливых 2010 и 2012 гг.) валовых сборов зерновых и зернобобовых культур до уровня 1966–1993 гг. нельзя признать устойчивой тенденцией из-за ряда неблагоприятных факторов, сложившихся в сельскохозяйственном производстве.

Аналогичная ситуация наблюдалась на рубеже XX – XXI вв. в сфере производства мяса: по сравнению с дореформенным 1990 г поголовье продуктивного крупного рогатого скота многократно уменьшилось. Однако после десятилетнего спада 1990-х гг. в начале XXI в. в животноводческой отрасли сельского хозяйства обнаруживаются позитивные тенденции. По показателям производства скота и птицы на убой к 2015 г. страна практически вышла на уровень 1990 г., в основном за счет увеличения производства мяса птицы: если в 1990 г. его производилось 1,8 млн. тонн, то в 2015 г. – 4,5 млн.

Политическая стабилизация начала 2000-х гг. способствовала динамичному развитию аграрного сектора. Вместе с тем существуют проблемы, которые предстоит преодолеть: «недостаточная обеспеченность техникой, высокий уровень износа основных фондов в сельском хозяйстве и пищевой промышленности, недостаточная глубина переработки сельскохозяйственного сырья и высокие потери при его хранении, значительная зависимость отечественного сельскохозяйственного производства от импорта племенного и посадочного материала, средств механизации и химизации» [7], а также кредиты, которые многие производители не могут получить из-за сложности оформления, высоких процентных ставок и отсутствия залога. Невысокий уровень жизни в селе также является фактором, снижающим привлекательность аграрной сферы для специалистов.

Продовольственная безопасность в мире

За последние 40 лет человечеству удалось снизить влияние проблемы голода на качество жизни людей, но несмотря на все усилия международных межправительственных организаций в мире более 650 млн. человек (или 11 % от всего населения) не имеют постоянного доступа к базовому продовольствию, при этом проблема голода локализована в наибольшей степени в странах третьего мира с быстрорастущим населением, а именно в Африке и Южной Азии. Голодом в этом случае называется ситуация, при которой дефицит продовольствия ощущают на себе более половины населения.

Однако голоду подвержено и население развитых стран – США, Канады, стран Евросоюза, где около 15 млн. человек настолько бедны, что не могут обеспечить себя пропитанием. Парадокс состоит еще в том, что при 650 млн. голодных людей на планете живет около 1 млрд. человек, страдающих от ожирения.

Проблема голода не проистекает напрямую из недостатка пищи, так как сегодня человечество производит больше продовольствия, чем потребляет. За последние 50 лет XX века численность жителей на планете увеличилась вдвое, а объем потребляемого мяса в 5 раз. Средняя калорийность ежедневно потребляемой пищи стабильно растет. Для развитых стран, этот показатель за последние 50 лет стал больше на 18 % и доходит до 3500 ккал на человека в день. При этом медицинская норма для мужчин в возрасте 31-50 лет, ведущих умеренно активный образ жизни, составляет 2400-2600, для ведущих активный образ жизни – 2800-3000 ккал.

Первой причиной голода являются слабые технологии производства, хранения и логистики. Только 40 % от общего объема продовольствия используется по прямому предназначению – употребляется в пищу. Около 10 % произведенной продукции приходит в негодность из-за отсутствия технологий оперативной обработки и хранения, еще 20 % идет на корм скоту, однако мяса при этом производится в два раза меньше, чем затрачивается зерновых. Наконец, еще 30 % продовольствия утрачивается в результате «цивилизованного сверхпотребления», так как развитые страны производят больше продовольствия, чем требуется населению. Потери значительной части произведенных продуктов питания могут быть снижены: «reducing food loss and waste is a more tractable problem than increasing production in the short to medium term, as its solution is not directly limited, for instance, by available land and water resources» [8; 8].

Вторая причина высоких рисков глобальной продовольственной безопасности – неравномерность воспроизводства населения. Общеизвестно, что наиболее высокие темпы роста населения наблюдаются в странах с наименьшим уровнем развития экономики и технологий, где производство продуктов питания отстает от темпов демографического роста. К 2050 году 57 % населения будет сосредоточено в трех макрорегионах: Африке, Индии и Китае, то есть странах, которые в силу географического положения и климата имеют ограниченные возможности ведения сельского хозяйства. К этому же времени удвоится работоспособное население стран Центральной Африки: прирост составит порядка 120-320 %.

Очевидно, что актуальность проблемы продовольственной безопасности усилится в среднесрочной перспективе. Однако в настоящее время имеются все ресурсы для эффективной борьбы с голодом. Возможна непосредственная помощь населению, страдающему от дефицита продовольствия, – организация бесплатного или льготного питания, позволяющая предотвратить негативные последствия голода. Однако более эффективным представляется снабжение переживающих продовольственный кризис регионов ресурсами для эффективного производства: семенным и посадочным материалом, аграрными и производственными технологиями. Инвестиции в агропромышленный комплекс, оптимизация инфраструктуры аграрного сектора и бизнес-процессов в продовольственных отраслях и логистике также помогают стабилизировать уровень продовольственной безопасности, что особенно важно в контексте значительного роста стоимости импортируемого продовольствия в мире. Это рост обусловлен не только повышением цен на продукты питания, но и увеличением физических объемов

товарооборота. В настоящее время крупнейшими импортерами продовольствия в мире являются США, КНР, Канада, Евразийский союз, Индия и Япония. Рост товарооборота в сфере продовольственной продукции вызван не только возможностью или невозможностью производить определенные продукты питания, но и экономической целесообразностью. Сравнительный анализ стоимости сельскохозяйственной и пищевой продукции с каждого квадратного километра сельскохозяйственных земель, произведенной в разных странах, показывает, что Россия и партнеры по Евразийскому союзу не входят в число лидеров по такому показателю, как интенсивность выделенных земель сельхозназначения. Интенсивность использования сельхозземель обратно пропорциональна их площади в каждой конкретной стране.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности в Российской Федерации проводится политика импортозамещения по основным группам продовольствия, «намечено повышение самообеспечения страны качественной сельскохозяйственной продукцией на уровне не менее 80 % от потребности, а по наиболее значимым продуктам (мясо, молоко, зерно) – 85–95 %» [6; 150]. В свете перечисленных в Доктрине рисков и угроз обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации необходимо также развитие технологий и логистики, позволяющих снизить потери при производстве: «therefore the global problems of hunger cannot be solved by a simple increase in productivity, the integrated approach is needed including both the development of knowledge-intensive and breakthrough biotechnologies allowing to preserve the produced foodstuffs, at least, until its delivery to the consumer, the wide application of logistics and the reasonable development of agricultural productions locally» [9; 208].

Экономические интересы российских производителей пищевой продукции защищают таможенные пошлины, идет постоянная работа в области инновационных технологий, в том числе происходит обмен опытом на международном уровне. «Наращивание совместных усилий по снижению голода и недопотребления продовольствия в странах-соседях, оптимизация продовольственной торговли и технического сотрудничества в агропродовольственной сфере, возможности включения данной проблематики в деятельность региональных организаций позволяет повышать эффективность принимаемых национальных мер и при этом более полно учитывать глобальные тенденции» [10;13]. В частности, Россия играет значительную роль в Азиатско-Тихоокеанском регионе и, являясь членом АТЭС, может оказывать влияние на состояние региона в целом. Даже незначительная интенсификация производства в сельском хозяйстве и пищевой промышленности позволит Евразийскому союзу усилить позиции на продовольственном рынке стран Азиатско-тихоокеанского региона. Мы предполагаем, что рост численности населения в Китае создаст дополнительную потребность в продовольствии как минимум в 200 млрд. долларов США (в ценах 2015 года). При этом рост удельной эффективности пищевого производства на 1 кв. км агроземель только в России на 10 % может увеличить выручку Евразийского Союза от экспорта «излишков» продовольствия на 6,7 млрд долларов к 2030 году.

Приоритетными продуктами для экспорта являются: рис, поставки которого в Китай стабильно растут последние пять лет; импортное детское питание (на сегодняшний день около 80 % рынка детского питания в Китае занимают зарубежные бренды); подсолнечное масло; бутилированная вода; гречка; соевые бобы; кукуруза, зерно, сахар; шоколад (в первом квартале 2015 года в сравнении с аналогичным периодом 2014 года экспорт шоколада в КНР вырос в 18 раз); пиво и мед; овощи и фрукты.

С учетом того, что страны Азиатско-Тихоокеанского региона являются для России и не только рынком сбыта, но и центром формирования предложения на базовые продукты питания, возможность оптимизировать структуру экспорта и импорта России в АТР является значительным шагом на пути обеспечения продовольственной безопасности страны.

Список литературы

1. Candel J. J. L., Biesbroek R. Policy integration in the EU governance of global food security // Food security, 2017, no.10, pp. 195 – 209.
2. Gerland P., Raftery A., Ševčíková H. et al. World population stabilization unlikely this century. Science, 2014, vol. 346, issue 6206, pp. 234-237.
3. World Population Prospects 2015 // https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/ WPP2015_DataBooklet.pdf (дата обращения: 01. 04. 2018).
4. Народное хозяйство СССР в Великой отечественной войне: 1941 – 1945. Статистический сборник. – М., 1990. Народное хозяйство СССР в Великой отечественной войне: 1941 – 1945. Статистический сборник. – М., 1990. –118 с.
5. Серова Е. В. Аграрная реформа в России переходного периода // Интернет-портал Общественного совета «Уроки девяностых» // http://www.ru-90.ru/node/1321 (дата обращения: 01. 04. 2018).
6. Ревенко Л. Продовольственная безопасность: решение возможно // Международная жизнь. – 2012. – № 16. – С. 145-156.
7. Постановление «О предварительных итогах реализации в 2016 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы» // http://www.council.gov.ru/activity/documents/74289/ (дата обращения: 03. 04. 2018).
8. Alamar M., Falagan N., Aktas E. et al. Minimising food waste: a call for multidisciplinary research // Journal of the since of food and agriculture, 2018, vol. 98, issue 1 , pp. 8-11.
9. Prosekov A. Yu., Ivanova S. A. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world // Foods and Raw Materials, 2016, vol. 4, no. 2, pp. 201 – 211.
10. Ревенко Л. С. Параметры и риски продовольственной безопасности // Международные процессы. – 2015. – Т. 13. – №41. – С. 6 – 20.

УДК 637.1

МЕХАНИЗМ КОАГУЛЯЦИИ КАЗЕИНОВ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХИТОЗАНА

Т. В. Радевич (Буткевич), В. П. Курченко
Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

Казеин в настоящее время получают двумя основными традиционными способами. Ферментативным гидролизом мицелл казеинов и его последующей коагуляцией ионами кальция получают сычужный казеин, и подкислением обезжиренного молока до его изоэлектрической точки – кислотный казеин [1]. Анализ физико-химических свойств казеина и хитозана дает основание теоретически обосновать еще один способ получения казеина, основанный на ионном взаимодействии отрицательно заряженных мицелл казеина обезжиренного молока с положительно заряженным хитозаном при pH 5,0-6,5.

Основным белком молока является казеин содержание которого составляет 78-85 % Он представлен рядом форм, которые различаются по содержанию: 43-55% составляет группа α-казеинов, 24-35 % – β-казеин, 8-15 % – к-казеин, 3-7 % – фрагменты β-фракции – γ-казеины. Они относятся к сферопротеинам и являются фосфопротеидами, а к-казеин относится к фосфогликопротеидам. Изоэлектрические точки всех форм казеинов лежат в области pH 4,6-4,7 [2, 3]. Кроме казеинов в молоке содержатся сывороточные белки α-лактоальбумин, β-лактоглобулин, бычий сывороточный альбумин и др.

к-Казеин в отличие от α- и β-казеинов является кальцийустойчивой фракцией белков молока, так как содержит только один фосфосериновый остаток, в связи с чем практически не связывает кальций ионы, и поэтому не теряет растворимости в их присутствии. Также растворимость к-казеина связана с наличием в его структуре галактозы, N-ацетилгалактозамина и N-ацетилнейраминовой кислоты, которые содержат значительное количество лиофильных гидроксильных групп, что обеспечивает молекуле белка высокий отрицательный заряд. В комплексе с α- и β-казеинами к-казеин образует стабильные мицеллы. Располагаясь на их поверхности, выступает в виде защитного коллоида по отношению к данным кальцийнеустойчивым белкам [4]. Четвертичная структура казеинов представляет собой непрочно связанные друг с другом мицеллы. Мицелла казеина состоит из субмицелл диаметром 10-20 нм, которые состоят α_{S1}-, α_{S2}-, β- и к -казеинов в соотношении 3:1:3:1. Субмицеллы связываются друг с другом за счет кальций-фосфатных мостиков. Они формируются таким образом, что гидрофобные участки располагаются в центральной части мицеллы, а гидрофильные области к -казеина и фосфатные группы α_{S1}-, α_{S2}-и β-казеинов – на поверхности, создавая отрицательный заряд. В присутствии кальция, цитратов и фосфатов фракции казеинов самоассоциируются и, взаимодействуя друг с другом, образуют ассоциаты различных размеров [2, 3]. Благодаря электронномикроскопическим исследованиям установлено, что мицеллы казеина являются высокоорганизованными структурными единицами сферической формы со средней молекулярной массой $6 \cdot 10^8$Да и диаметром от 40 до 300 нм [5].

Устойчивость мицелл казеинов зависит от pH, ионной силы и температуры. При изменении величины pH в молоке в кислую область, ионы водорода связываются с ионизированными COOH-группами казеинов, что ведет к уменьшению числа отрицательных зарядов на поверхности белковых частиц. При этом гидратная оболочка нарушается и в результате происходит снижение растворимости белка. Когда величина pH становится близкой к изоэлектрической точке, казеины коагулируют и выпадают в осадок. Эти физико-химические свойства легли в основу выделения кислотного казеина, который получают путем подкисления обезжиренного молока органическими кислотами [2, 3].

Еще одним фактором, который влияет на растворимость казеинов, является ионная сила, которая зависит от концентрации солей магния и кальция в молоке. При низкой концентрации солей белки на своей поверхности адсорбируют ионы Ca^{2+} и Mg^{2+}, при этом их

суммарный заряд повышается, гидратные оболочки упрочняются, а следовательно растворимость повышается. Когда же концентрация солей высокая, ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} начинают конкурировать за связывание с казеиновыми частицами, вследствие чего повышается плотность заряда, а связывание воды снижается. Белки, лишенные гидратной оболочки, образуют агломераты и выпадают в осадок [6]. Эти свойства легли в основу технологии получения сычужного казеина. При воздействии химозина происходит протеолиз к-казеина, расположенного на поверхности мицелл, что приводит к потере отрицательного заряда субмицелл, дестабилизации и агрегации α_S- и β-казеинов [1-3].

Таким образом, описанные технологии получения казеина основаны на уменьшении отрицательного заряда мицелл казеина и его последующей коагуляцией.

В молочной промышленности нашли широкое применение пищевые добавки полисахаридной природы, которые используются в качестве загустителей и гелеобразователей. Они классифицируются по источнику происхождения, строению полимерной цепи, природе мономерных остатков, заряду. В зависимости от заряда полисахариды подразделяются на нейтральные – амилопектины, галактоманнаны и производные целлюлозы; кислотные (анионные) – пектины, каррагинаны, альгинаты, ксантаны, камеди карайи, гхатти и трагаканта, гуммиарабик, геллановая камедь и основные (катионные), которые представлены хитозаном [7]. Хитозан – линейный аминополисахарид, состоящий из из N-ацетил-2-амино-2-дезокси-D-глюкопиранозы и преимещественно 2-амино-2-дезокси-D-глюкозы. Этот пищевой природный нетоксичный полисахарид при pH ниже 6,5 он имеет положительный заряд. [8, 9]. Хитозан и его производные проявляют антибактериальные, иммуностимулирующие, противоопухолевые и другие свойства. Сочетание безвредности и биологической активности хитозана создает предпосылки его широкого применения в молочных продуктах [8-12].

Существует теоретическая и практическая возможность использовать хитозан для выделения белков из молока [13, 14]. Благодаря особенностям строения мицелл казеинов на их поверхности существует большой отрицательный заряд, за счет которого они способны к ионному взаимодействию с хитозаном - катионным полисахаридом, в результате которого происходит их коагуляция и выпадение в осадок [15-19]. Такое взаимодействие зависит от pH и происходит в узком диапазоне от 5,0 до 6,5 (см. рис. 1). [13, 16, 20].

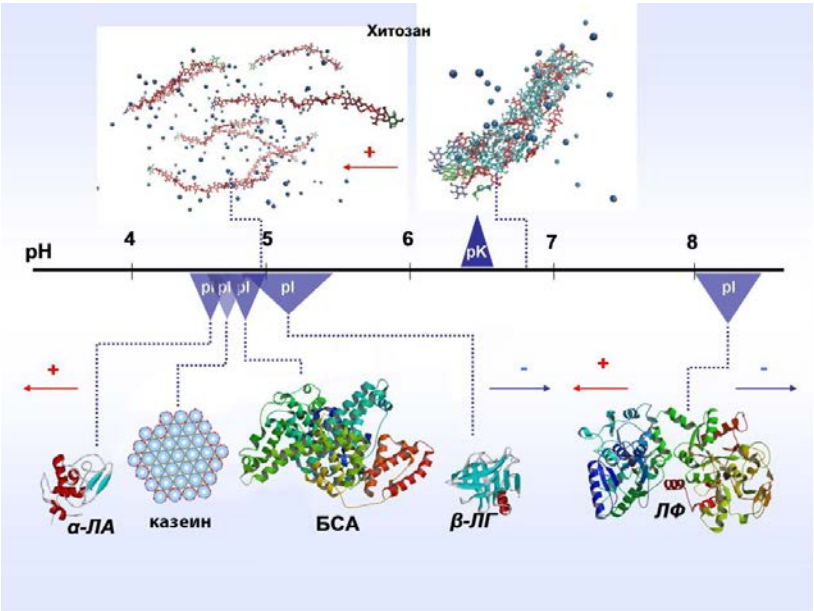


Рисунок 1 – Влияние pH на заряд хитозана и белков молока

Белки молока при pH выше 5,0 будут иметь отрицательный заряд, а хитозан до pH 6,5 – положительный заряд. Это создает возможность их ионного взаимодействия. Процесс образования электростатических комплексов на молекулярном уровне можно рассматривать как последовательное присоединение макроионов белков молока к ядру комплекса – макроиону хитозана. В комплексе с одним макроионом хитозана может связываться большое число макроионов белка несущих отрицательный заряд. По мере присоединения каждого последующего лиганда заряд полиионитного комплекса снижается до тех пор, пока не происходит образование электронейтрального комплекса хитозана с белками молока. Агрегация данных комплексов приводит к выделению их в виде коацервата и обусловлена гидрофобным взаимодействием [13, 20].

В связи с вышеизложенным, целью работы являлось исследование механизма коагуляции казеинов обезжиренного молока с использованием хитозанов, имеющих различные молекулярные массы.

Материалы и методы

Объектом исследования являлось обезжиренное коровье молоко производства ОАО «Савушкин продукт» (Беларусь) и очищенный казеин «Sigma» (США). Использовали сукцинилированный хитозан производства «Биопрогресс» (Россия). Образцы хитозана средневязкостной молекулярной массы – 1,5 кДа, 7,7 кДа, 25,4 кДа, 45,3 кДа со степенью дезацетилирования (СД) 86 %, получали ранее описанным методом [21]. Молекулярную массу образцов хитозана определяли вискозиметрически и рассчитывали при помощи уравнения Марка-Хоувинка; степень дезацетилирования в образцах определяли кондуктометрическим титрованием [21].

Для изучения процесса коагуляции к водным растворам хитозана различных молекулярных масс приливали обезжиренное молоко до конечной концентрации полисахарида от 0,02 % до 1 % и белка 3,1 %. Смесь инкубировали в течении 30 мин при 60 °С, а затем центрифугировали 10 мин при 9000 g для отделения коагулята. При изучении особенностей взаимодействия очищенного казеина с исследуемыми хитозанами казеин растворяли в 0,05 М фосфатном буфере. Дальнейшие исследования для молока проводили аналогично вышеописанному. Полученные образцы супернатанта и осадка белков анализировали с использованием электрофореза в денатурирующих условиях в полиакриламидном геле pH 8,8, pH электродного буфера – 8,3. В качестве стандартов белков для электрофореза использовались казеины фирмы «Sigma» (США) [22]. Концентрацию белка измеряли биуретовым методом.

Результаты и их обсуждение

Исследовался процесс взаимодействия очищенного казеина с хитозанами, имеющими различную молекулярную массу, в зависимости от их концентрации. Образцы казеина инкубировали с различным количеством хитозана: 0 %, 0,02 %, 0,1 %, 0,2 %, 0,3 %, 0,4 %, 0,5 %, 0,6 %, 0,7 %, 0,8 %, 0,9 % и 1 % при 60 °С в течение 30 мин. При добавлении казеина при pH 6,4 к указанным растворам хитозанов с молекулярными массами 45,3 кДа, 25,4 кДа, 7,7 кДа и 1,5 кДа происходило образование коагулята, который отделялся центрифугированием. Определялось содержание белка и состав полученной белково-полисахаридной массы и супернатанта. Содержание казеина в супернатанте в зависимости от концентрации хитозанов с различными молекулярными массами и электрофореграмма образцов представлены на рисунке 2.

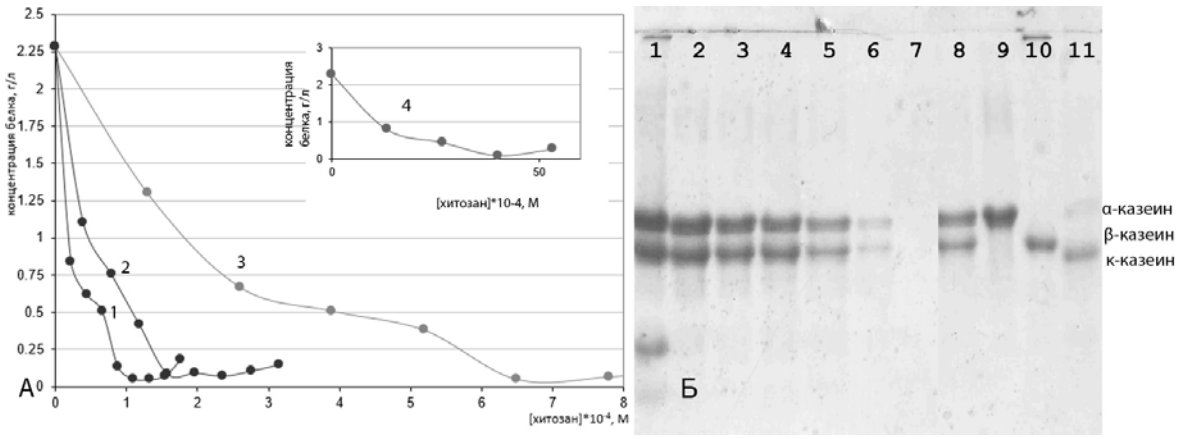


Рисунок 2 – Зависимость содержания казеина в супернатанте от концентрации хитозана (А) с молекулярной массой 45,3 кДа (1), 25,4 кДа (2), 7,7 кДа (3) и 1,5 кДа (4) и электрофореграмма (Б) белков молока (дорожка 1), казеина (дорожка 2), казеина в присутствии хитозана 25,4 кДа 0,1–0,5 % (дорожки 3 – 7) и коагулированного осадка (дорожка 8). Дорожки 9–11 стандарты казеинов

Без добавления хитозана к казеину коацервация белков не происходила (рисунок 2 Б дорожка 2). С увеличением концентрации хитозана в растворе растет количество коагулированного казеина. Эффективность образования коагулята казеина зависит от молекулярной массы и концентрации хитозана. Максимальное осаждение казеина достигает 98 % при концентрации хитозанов: 45,3 кДа - $1,1*10^{-4}$ М; 25,4 кДа – $1,97*10^{-4}$ М; 7,7 кДа – $6,49*10^{-4}$ М; 1,5 кДа – $33,33*10^{-4}$ М. В состав осадка входят все группы казеинов: α, β и к-казеин (рисунок 2 Б дорожка 8). В случае использования хитозана с большей молекулярной массой способность к седиментации образующегося комплекса выше, чем при использовании низкомолекулярного полисахарида.

Полученные закономерности коагуляции очищенного казеина с различными хитозанами подтвердились при исследовании взаимодействия белков обезжиренного молока с этим полисахаридом. В обезжиренное молоко кроме различных форм казеинов входят сывороточные белки: β-лактоглобулин, α-лактоальбумин, бычий сывороточный альбумин, а также другие компоненты молока. Более сложный белковый состав обезжиренного молока не оказал существенного влияния на взаимодействие с хитозанами (рисунок 3).

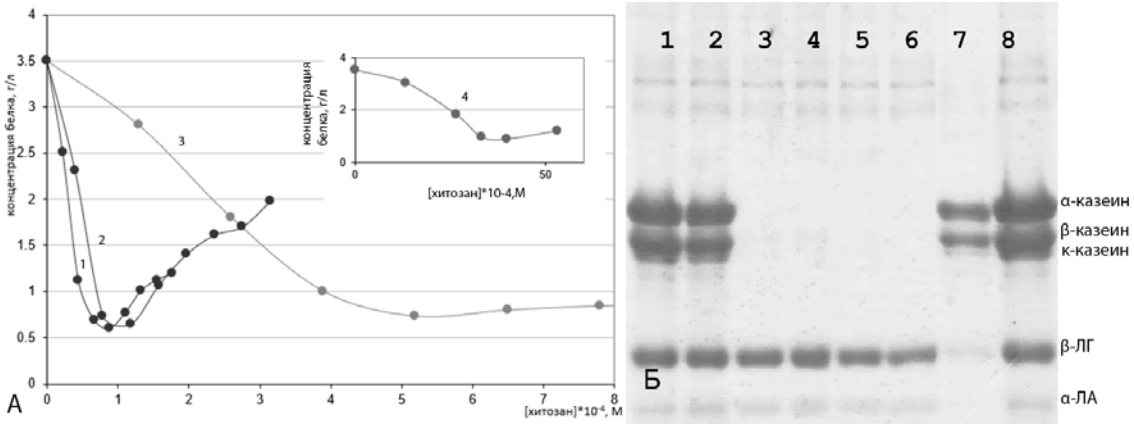


Рисунок 3 – Зависимость содержания белков молока в супернатанте от концентрации хитозанов (А) с молекулярной массой 45,3 кДа (1), 25,4 кДа (2), 7,7 кДа (3) и 1,5 кДа (4) и электрофореграмма (Б) белков молока (дорожка 1), белков обезжиренного молока в присутствии хитозана 25,4 кДа 0,1–0,5 % (дорожки 2 – 6) и коагулированного осадка (дорожка 7). Дорожка 8 стандарты белков молока

В отсутствии хитозана коацервация белков молока не происходила (рисунок 3 Б дорожка 1). Количество коагулированных белков молока возрастает с увеличением концентрации исследованных хитозанов (рисунок 3). Взаимодействии белков обезжиренного молока с хитозаном зависит от его молекулярной массы и концентрации. Максимальная коагуляция белков молока (90 %) достигается при концентрации хитозанов: 45,3 кДа – $0{,}88*10^{-4}$ М; 25,4 кДа – $1{,}57*10^{-4}$ М; 7,7 кДа – $5{,}19*10^{-4}$ М; 1,5 кДа – $26{,}67*10^{-4}$ М. В состав осадка входят все группы казеинов: α, β и к-казеин и следы сывороточных белков (рисунок 3 Б, дорожка 7). Наиболее плотный осадок образуется при использовании хитозана 45,3 кДа. Коагуляция мицелл казеинов обезжиренного молока достигается при меньших концентрациях исследованных хитозанов в сравнении с очищенным казеином (рисунок 2А, 3А).

При исследовании взаимодействия белков обезжиренного молока при pH 6,4 с сукцинилированным хитозаном, имеющий отрицательный заряд в реакционной смеси, коагулят не образовывался. Это подтверждает ионный характер связи между отрицательно заряженными белками обезжиренного молока и катионным полисахаридом – хитозаном.

Важным фактором, определяющим полноту коагуляции мицелл казеина обезжиренного молока, является концентрация хитозана (рисунок 4).

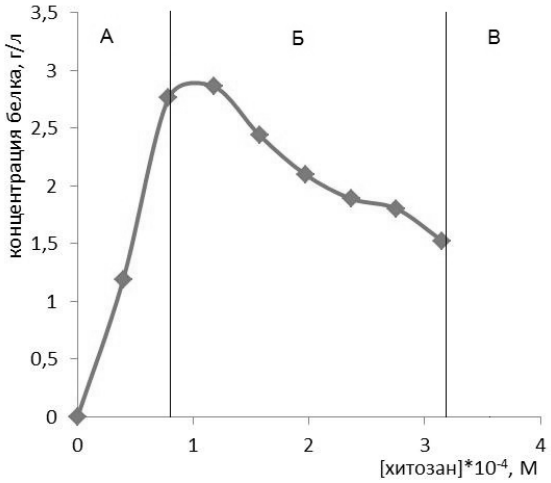


Рисунок 4 – Зависимость количества связанного казеина обезжиренного молока от концентрации хитозана 25,4 кДа

Анализ зависимости количества связанного казеина обезжиренного молока от концентрации хитозана представлен на рисунках 4 и 5. При низких концентрациях хитозана и высокой концентрации белков молока (рисунок 4, 5 область А) происходит частичное образование коагулята. В этом случае при избытке макроионов белков молока, только их часть имеет возможность взаимодействовать с ограниченным числом сайтов связывания на макроионе хитозана. При концентрации белка в обезжиренном молоке 3,1 % и хитозанов имеющих различные молекулярные массы 0,5 % достигается максимальная коагуляция казеинов (рисунок 4, 5 область Б). В этой области содержание отрицательно заряженных групп казеинов эквивалентно положительно заряженных групп исследованных хитозанов. Взаимодействие казеина и хитозана привело к формированию электронейтральных комплексов, которые за счет гидрофобных связей образуют агрегаты, выпадающие в осадок. Состав комплексного коацервата обусловлен стехиометрией нерастворимого незаряженного комплекса и зависит от соотношения зарядов белков молока и хитозана. С учетом молекулярной массы и степени дезацетилирования исследованных хитозанов концентрация протонированных аминогрупп, входящих в мономеры, составила $2{,}4*10^{-4}$ М. Эти результаты свидетельствуют о том, что при содержании белка в молоке 3,0-3,2 % для коагуляции мицелл казеина можно использовать хитозаны любой молекулярной массы и степени

дезацетилирования, при этом конечная концентрация аминогрупп мономеров должна составлять $2{,}4*10^{-4}$ М. При концентрации хитозана превышающей 1-2 % количество образовавшегося коагулята казеина уменьшается, а при дальнейшем увеличении полисахарида коагуляция не происходит (рисунок 4, 5 область В). В этой области соотношение содержания белков молока и хитозана приводит к образованию устойчивого коллоидного раствора.

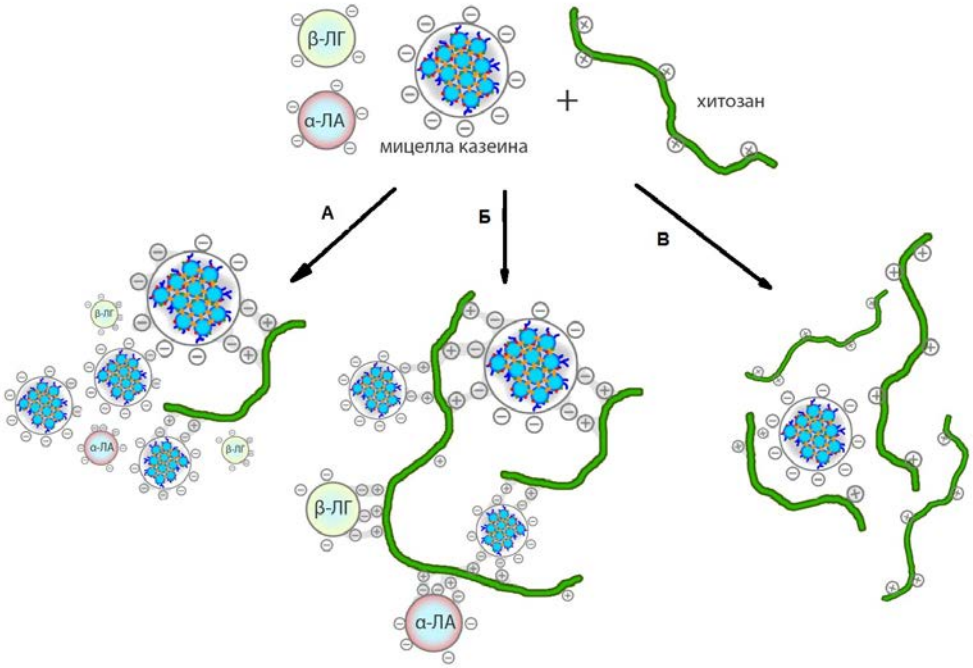


Рисунок 5 – Механизм коацервации белков молока хитозаном

В связи с тем, что в обезжиренном молоке казеины и основные сывороточные белки при pH выше 5 имеют отрицательный заряд при взаимодействии с хитозаном в состав коагулята кроме всех форм казеинов также входят α-лактоальбумин и β-лактоглобулин. Установлено, что применение исследуемых хитозанов позволяет получить коацерват, в котором 1г хитозана связывает 6,0-6,2 г белков молока. Предлагаемый способ получения казеинов с использованием водорастворимых хитозанов отличает возможность увеличения выхода конечного целевого продукта, который составляет 90-92 % белка обезжиренного молока, а также сохранение pH полученной сыворотки, которая может быть в дальнейшем переработана для получения концентрата сывороточных белков. Данные результаты формируют теоретические предпосылки к применению хитозана в разработке и практической реализации оригинальной технологии выделения казеина из обезжиренного молока.

Список литературы

1. Феноменологическая модель термокислотной коагуляции белков обезжиренного молока / Л. А. Остроумов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – № 1. – С. 133–139.

2. Ельчанинов, В. В. Современные представления о структуре казеиновой мицеллы // В. В. Ельчанинов / Молочная промышленность. – 2011. – № 4. – С. 76–78.

3. Casein micelles and their internal structure // C. G. de Kruif, T. Huppertz, A. V. Petukhov, V. S. Urban / Advances in Colloid and Interface Science. – 2012. – Vol. 171. – P. 36–52.

4. Nagy, K. K-Casein terminates casein micelle build-up by its 'soft' secondary structure / K. Nagy, G. Varo, B. Szalontai // European Biophysics Journal. – 2012. – Vol. 41 (11). – P. 959–968.

5. Dalgleish, D. G. A possible structure of the casein micelle based on high-resolution field-emission scanning electron microscopy / D. G. Dalgleish, P. A. Spagnuolo, Douglas Goff H. // International Dairy Journal. – 2004. – Vol. 14. – No. 12. – P. 1025–1031.

6. Zhao, Z. Changes in the physico-chemical properties of casein micelles in the presence of sodium chloride in untreated and concentrated milk protein / Z. Zhao, M. Corredig // Dairy Science & Technology. – 2015. – Vol. 95. – No. 1. – P. 87–99.

7. Нечаев, А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. – М.: Колос, Колос-Пресс, 2002. – 256 с.

8. Хитозан / под ред: К.Г. Скрябина, С.Н. Михайлова, В.П. Варламова – М.: Центр "Биоинженерия" РАН, 2013. – 593 с.

9. Islam, S. Chitin and Chitosan: Structure, Properties and Applications in Biomedical Engineering / S. Islam, M. A. Rahman Bhuiyan, M. N. Islam // Journal of Polymers and the Environment. – 2017. – Vol. 25(3). – P. 854–866.

10. Гришин, А. А. Хитин и хитозан: химия, биологическая активность, применение / А. А. Гришин, Н. В. Зорина, В. И. Луцкий // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2014. – № 1 (6). –С. 29–34.

11. Никитенко, П. Хитозан – полимер будущего / П. Никитенко, Л. Хрустицкая // Наука и инновация. – 2013. – № 9 (127). – С. 14–17.

12. Kean, T. Biodegradation, biodistribution and toxicity of chitosan / T. Kean, M. Thanou // Adv. Drug Deliv. Rev. – 2010. – Vol. 62. – P. 3–11.

13. Usage of chitosan in dairy products production / I. A. Evdokimov [et al.] // Foods and raw materials. – 2015. – Vol. 3. – No. 2. – P. 29–39.

14. Использование хитозана в производстве молочных продуктов / Т. В. Буткевич, В. П. Варламов, И. А. Евдокимов, Л. Р. Алиева, В. П. Курченко // Труды БГУ. – 2014. – Т.9. – Ч.2. – С.181–190.

15. Использование хитозана для выделения β-лактоглобулина из смеси белков молочной сыворотки / А. В. Бакулин, Н. В. Гавриленко, Е. М. Червяковский, В. П. Курченко, В. П. Варламов // Биотехнология. – 2011. – № 1. – С. 34–41.

16. Выделение β-лактоглобулина из сыворотки: использование различных форм хитозана / В. П. Варламов [и др.] // Молочная промышленость. – 2013. – № 10. – С. 11–12.

17. Surface-charged chitosan: Preparation and protein adsorption / V.P. Hoven [et al.] // Carbohydr. Polym. – 2007. – Vol. 68. – P. 44–53.

18. Corredig, M. Polysaccharide-protein interactions in dairy matrices, control and design of structures / M. Corredig, N. Sharafbafi, E. Kristo // Food Hydrocoll. – 2013. – Vol. 25. – P. 1833–1841.

19. Turgeon, S. L. Protein-polysaccharide complexes and coacervates / S. L. Turgeon, C. Schmitt, C. Sanchez // Curr. Opin. Coll. Interf. Sci. – 2007. – Vol. 12. – P. 166–178.

20. Механизм взаимодействия хитозана с белками молочной сыворотки / В. П. Курченко, Л. Р. Алиева, Т. В. Буткевич, Н. В. Гавриленко // Труды БГУ.– 2013. – Т. 8. – Ч.1. – С. 45–51.

21. Зависимость степени упорядоченности и термохимических характеристик хитина и хитозана от их биологического происхождения / В. Ф. Урьяш [и др.] // Журнал физической химии. – 2012. – Т. 86. – №1. – С. 1–8.

22. Остерман, Л. А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование / Л. А. Остерман. – М.: Наука, 1981. – 288 с.

УДК 546

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ В РАСТВОРЕ КОКОИЛ ГЛУТАМАТА

О. В. Салищева, Н. Е. Молдагулова, Ю. В. Тарасова
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Среди веществ, синтезируемых биотехнологическими методами, по объему производства аминокислоты занимают первое место и второе место по стоимости, уступая антибиотикам. Природные аминокислоты вовлечены в биосинтез ферментов, витаминов, ряда гормонов, алкалоидов, антибиотиков, токсинов и других азотсодержащих соединений. В организме человека практически половина аминокислот не синтезируется, следовательно, незаменимые аминокислоты должны поступать в организм с пищей. Кроме применения в качестве пищевых добавок, усилителей вкуса, приправ аминокислоты используются как сырье в фармацевтической, химической, парфюмерной промышленности и многих других производствах, а также в биотехнологии [1]. Так на основе глутаминовой кислоты синтезирован кокоил-глутамат.

Кокоил глутамат - натриевая соль 2-аминопентандиовой аминокислоты и додекановой карбоновой кислоты (Sodium Cocoyl Glutamate). Мелкодисперсный порошок от белого до белого с желтоватым оттенком цвета без вкуса и запаха. Производное глутаминовой аминокислоты и лауриновой кислоты кокосового масла («кокоил») можно синтезировать микробиологическим путем, а также химическим методом. Причем микроорганизмы эффективно продуцируют природные поверхностно-активные соединения с достаточно хорошими выходами как высокомолекулярные ПАВ, например липополисахариды, так и низкомолекулярные ПАВ, причем лучше, если микроорганизмы культивируют на водонерастворимых субстратах.

Кокоил глутамат используется как поверхностно-активное вещество, обладающее высокой поверхностной активностью. По данным исследований воздействия на кожу кокоил глутамат не затрагивает защитный липидный барьер, не образует прочной ионной связи с кератином и легко смывается. Очень важно, что обладает свойством десорбции анионогенных ПАВ (например сульфатов SLS) из рогового слоя, защищая таким образом липидный барьер. Имеются литературные данные об увлажняющем действии кокоил-глутамата. Данный ПАВ относят к биоразлагаемым: за 28 дней распадается в природе под действием бактерий на 90 %, не образуя токсичных продуктов.

Кокоил глутамат следует отнести к цвиттер-ионныем ПАВ, содержащим в молекулах две противоположно заряженные группы. Положительный заряд почти всегда обеспечивается аммониевой группой, а отрицательно заряженные группы могут быть разные; чаще всего отрицательный заряд обеспечивает карбоксильным ионом. Такие ПАВ нередко относят к амфотерным, однако, заряды амфотерного ПАВ изменяются в зависимости от pH, при этом при переходе от кислых к щелочным pH изменяется тип ПАВ от катионного через цвиттер-ионное до анионного. Ни кислотные, ни основные группы не несут постоянного заряда, и цвиттер-ионом такое ПАВ становится только в определенном интервале pH [2-5].

Изменение заряда с изменением pH амфотерного ПАВ, естественно, влияет на такие его свойства, как пенообразующая и смачивающая способности, моющее действие, т.е. главные свойства ПАВ оказываются зависимыми от pH. В изоэлектрической точке физико-химические свойства таких ПАВ аналогичны свойствам неионных ПАВ. Ниже и выше

изоэлектрической точки происходит постепенный сдвиг к катионному или анионному характеру ПАВ соответственно. ПАВ с сульфатными или сульфонатными группами, обеспечивающими отрицательный заряд молекул, остаются цвиттер-ионными до очень низких значений pH вследствие очень низких значений pK_a моноалкилсерной и алкилсульфоновой кислот [6].

Типичными представителями цвиттер-ионных ПАВ являются N-алкилпроизводные простые аминокислот (например, глицина (NH_2CH_2COOH), бетаина ($(CH_3)_2NCH_2COOH$), глутаминовой кислоты ($HOOCCH_2CH_2CH(NH_2)COOH$)). Такие ПАВ получают не из аминокислот, а по реакции длинноцепочечных аминов с хлорацетатом натрия или с производными акриловой кислоты, при этом образуются структуры с одним или двумя атомами углерода соответственно между азотом и карбоксильной группой.

Цвиттер-ионные ПАВ характеризуются очень хорошими дерматологическими свойствами, не раздражают глаза и поэтому часто используются в составе шампуней и косметических средств. Поскольку суммарный заряд молекул таких ПАВ равен нулю, они, как и неионные ПАВ, не теряют своих свойств в композициях с высоким содержанием электролита. Традиционно цвиттер-ионные ПАВ используются в составе щелочных чистящих средств. К основным характеристикам цвиттер-ионных ПАВ следует отнести: совместимость со всеми другими типами ПАВ; нечувствительность к жесткой воде; стабильность в кислой и щелочной средах; высокая поверхностная активность. В большинстве случаев они не оказывают раздражающего действия на кожу и глаза, поэтому входят в составы шампуней и других средств личной гигиены.

Отметим важную особенность поверхностно-активных веществ - это способность к самопроизвольному мицеллообразованию. Мицеллярные системы обладают агрегативной и седиментационной устойчивостью. В целом устойчивость мицеллярных систем зависит от размеров частиц дисперсной фазы, агрегатного состояния и вязкости дисперсионной среды, присутствия примесей [7,8].

Например, мицеллы казеина имеют сферическую форму, средний диаметр около 100 нм и молекулярную массу в среднем $6 \cdot 10^8$, количество которых в молоке составляет $15 \cdot 10^{15}$ в 1 см^3. Мицеллы казеина состоят из нескольких сотен субмицелл диаметром 10-15 нм. Субмицеллы – это агрегаты основных фракций казеина (α_S-, β- и κ-), соединенных между собой гидрофобными, электростатическими, водородными связями и кальциевыми мостиками. Полипептидные цепи фракций казеина свертываются в субмицелле таким образом, что большинство гидрофобных групп составляют ее ядро, а гидрофильные располагаются на поверхности субмицелл [9].

Нами были проведены исследования по определению коэффициента дисперсности мицеллярных систем турбидиметрическим методом, изучена термодинамика процесса мицеллообразования.

В качестве объектов для исследования были взяты растворы кокоил-глутамата натрия. Зависимость оптической плотности растворов от длины волны определяли с помощью спектрофотомера марки "КФК-3-01-ЗОМЗ" в кюветах с толщиной слоя 3 см относительно воды. Обработку полученных данных проводили по методу Геллера.

На рисунке 1 приведена зависимость lnD от lnλ для исследуемой системы.

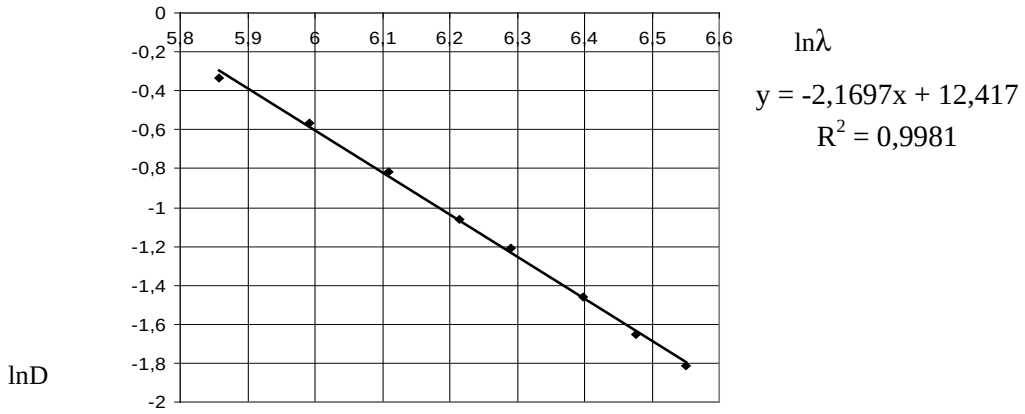


Рисунок 1 – Зависимость lnD от lnλ

Результаты определения коэффициента дисперсности и радиуса мицелл турбидиметическим методом: показатель дисперсности *a*=2,17; радиус частиц r=88 нм.

Для количественной характеристики соотношений гидрофильных и липофильных свойств молекул ПАВ используется понятие гидрофильно-липофильного баланса или числа ГЛБ. Сама шкала ГЛБ является достаточно условной и существует ряд методов расчета чисел ГЛБ. Тем не менее, числа ГЛБ широко используются для характеристики ПАВ, в частности, они характеризуют области применения ПАВ. Так, для получения устойчивых прямых эмульсий (масло в воде) используют ПАВ с числами ГЛБ от 10 до 16, для получения обратных эмульсий (вода в масле) от 3 до 6. Числа ГЛБ составляют для смачивателей 7-9, моющих средств 13-15, солюбилизаторов в водных растворах 15-18.

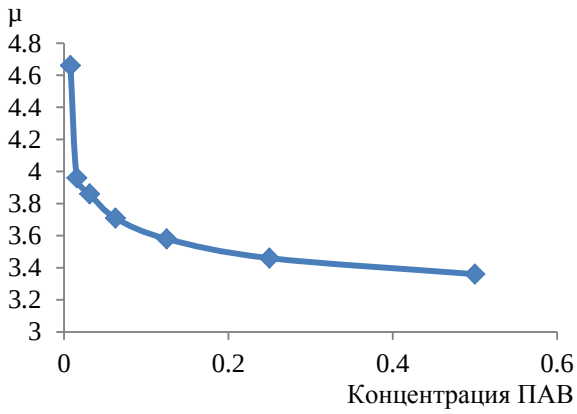
По методу Девиса величина ГЛБ складывается аддитивно из инкрементов групп, входящих в молекулу ПАВ. Дэвис вычислил групповые числа (инкременты) для различных полярных и неполярных групп, комбинируя которые можно рассчитать ГЛБ всей молекулы ПАВ по уравнению:

$ГЛБ_{ПАВ} = 7+\Sigma(ГЛБ)_г+\Sigma(ГЛБ)_л$, где $\Sigma(ГЛБ)_г$– сумма чисел ГЛБ всех гидрофильных групп; $\Sigma(ГЛБ)_л$– сумма чисел ГЛБ всех липофильных групп.

Применяя расчетный метод Девиса для кокаила глутамата, получаем число ГЛБ равное 50. Это свидетельствует о высокой гидрофильности, хорошей эмульгирующей способности эмульсий типа масло в воде и способности к солюбилизации в водных растворах.

Подавляющее большинство поверхностно-активных веществ, применяемых в технике и технологии, имеют ограниченную растворимость, причем переход к новому состоянию раствора при повышении его концентрации отличается уникальным своеобразием, которое заключается в том, что при достижении некоторой характерной для каждого ПАВ концентрации оно не выделяется в виде новой фазы, а образует коллоидный раствор. Эта концентрация называется критической концентрацией мицеллообразования (ККМ). Она является основной термодинамической характеристикой раствора ПАВ. Поверхностно-активные вещества, способные переходить в состояние коллоидного раствора, называются мицеллообразующими или коллоидными поверхностно-активными веществами. Особенность образующихся при этом коллоидных растворов поверхностно-активного вещества в том, что они термодинамически устойчивы, обратимы по отношению к изменению состава раствора и температуры. При валовой концентрации ПАВ большей, чем ККМ, его концентрация в молекулярной форме остается равной ККМ, а все остальное вещество

находится в мицеллярной форме. Только мицеллообразующие вещества являются эффективными стабилизаторами суспензий и эмульсий, солюбилизаторами и основным компонентом моющих составов. Критическая концентрация мицеллообразования является и важнейшей технической характеристикой технических поверхностно-активных веществ [10-12]. Данные определения ККМ кокоил глутамата представлены на рисунке 2.



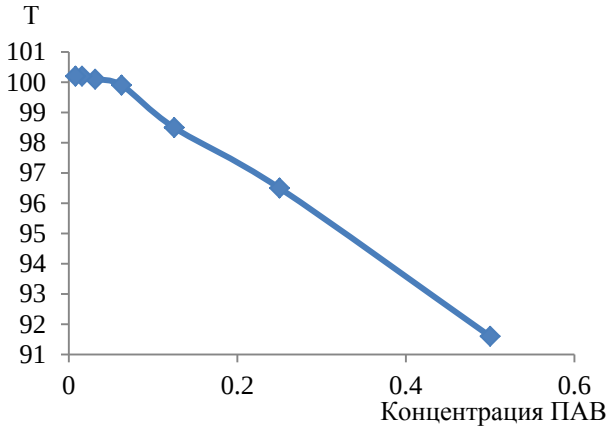


Рисунок 2 – Определение ККМ

Вследствие сложного строения мицелл ПАВ возникают большие сложности при описании механизма мицеллообразования. Для расчетов термодинамических параметров перехода истинного раствора ПАВ в мицеллярный применяют квазихимический подход. Согласно этому подходу, во-первых, мицелла рассматривается как частица, а сам процесс мицеллообразования как фазовый переход. Во-вторых, мицеллообразование рассматривается как обратимая химическая реакция между молекулами (или ионами) ПАВ в растворе и в виде мицеллы: m(ПАВ) <=> $(ПАВ)_m$, где m – агрегатное число. Константа скорости мицеллообразования может быть рассчитана по закону действующих масс: $K_m = \frac{\nu_m}{N_A C^m}$.

Изменение энергии Гиббса при переходе истинно-молекулярного раствора в мицеллярный с агрегатным числом m равно: $\Delta G = -(RT / m)\ln K_m$.

Если найти температурную зависимость термодинамических фунций, то можно вычислить изменение энтальпии и энтропии при мицеллообразовании и константу равновесия процесса.

$$\Delta H = -RT^2 \frac{d \ln C_{ККМ}}{dT}; \qquad \Delta S^0 = -R \ln C_{ККМ} - RT \left(\frac{d \ln C_{ККМ}}{dT}\right)$$

Энтальпия мицеллообразования в большинстве случаев величина положительная. Следовательно, движущей силой мицеллообразования должно являться изменение энтропии. При введении в воду молекул ПАВ, содержащих неполярные фрагменты, происходит упорядочивание воды около этих неполярных частиц. При мицеллообразовании нарушается упорядоченность молекул воды возле гидрофобных радикалов, и как следствие возрастает энтропия воды.

Кинетика мицеллообразования практически не изучена в связи с тем, что процесс перехода молекул ПАВ в мицеллы протекает очень быстро. Мицеллы представляют собой

достаточно устойчивые образования, однако установлено, что время пребывания каждой отдельно взятой молекулы в мицелле составляет 10^{-7} с.

В результате получены термодинамические характеристики процесса мицеллообразования кокоил-глутамата натрия.

Список литературы

1. Stefanucci, A. Pyroglutamic acid derivatives: building blocks for drug discovery / A. Stefanucci, E. Novellino, R. Costante, A. Mollica // Heterocycles. – 2014. – Vol. 89. – No. 8. – P. 1801–1825.

2. Коротенко, В. Н. Внутреннее давление в электронном континууме как индикатор связывания в цвиттер-ионе, кластере и кристалле серина / В. Н. Коротенко, А. Н. Егорова, В. Г. Цирельсон // Успехи в химии и химической технологии. – 2017. – Т. 31. – № 4 (185). – С. 10–12.

3. Андреева, О. А. Фурье-ИК-спектроскопическое исследование влияния заместителей в ароматических аминокислотах на таутомерное равновесие цвиттер-ион – нейтральная молекула / О. А. Андреева, Л. А. Буркова, И. В. Подешво // Химическая физика. – 2015. – Т. 34. – № 12. – С. 32.

4. Органомодификация бентонита-э мономер/полимерным цвиттер-ионом и свойства нанокомпозита / Ю. И. Мусаев [и др.] // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета. – 2014. – Т. IV. – № 6. – С. 115–119.

5. Балуева, А. С. Синтез гетероциклических1,4-цвиттер-ионов / А. С. Балуева, Э. Р. Мустакимов, Г. Н. Никонов // Журнал общей химии. – 1995. – Т. 65. – № 5. – С. 764–768.

6. Ионные и мицеллярные эффекты в супрамолекулярных самоорганизующихся средах ПАВ на примере аналитических систем амины□карбонильные соединения / С. Ю. Доронин [и др.] // Журнал аналитической химии. – 2010. – Т. 65. – № 1. – С. 51–58.

7. Исследование межфазного натяжения индивидуальных пав и их бинарных смесей пав на границе пав/вода/вазелиновое масло // Н. В. Саутина, А. В. Паничкина, С. А. Богданова, Ю. Г. Галяметдинов // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 5. – С. 32–34.

8. Колесникова, Е. Н. Мицеллообразование в растворах анионных пав с двумя ионогенными группами / Е. Н. Колесникова, Н. А. Глухарева // Коллоидный журнал. – 2008. – Т. 70. – № 2. – С. 207–211.

9. Роль ионов кальция в коллоидной стабильности мицелл казеина / А. М. Осинцев, В. И. Брагинский, О. Ю. Лапшакова, А. Л. Чеботарев // Техника и технология пищевых производств. – 2009.– № 1. – С. 63–68.

10. Volkova, A. V. Photometric study of the kinetics of TiO2 hydrosol coagulation in electrolyte solutions / A. V. Volkova, E. V. Golikova, L. E. Ermakova // Colloid Journal. – 2012. – Vol. 74. – No. 1. – С. 32–37.

11. Соболева, О. А. Коллоидно-химические свойства бинарных смесей неионогенного пав с мономерным и димерным (джемини) катионными ПАВ / О. А. Соболева, Г. А. Бадун, Б. Д. Сумм // Коллоидный журнал. – 2006. – Т. 68. – № 2. – С. 255–263.

12. Бархударян, В. Г. Влияние среды на мицеллярные характеристики водно-мицеллярной системы / В. Г. Бархударян, К. К. Карамян // Физико-химия полимеров: синтез, свойства и применение. – 2003. – № 9. – С. 71–75.

УДК 663.42

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ХМЕЛЯ В СОВРЕМЕННОМ ПИВОВАРЕНИИ

И. Ю. Сергеева
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Современная отечественная пивоваренная отрасль демонстрирует неоднозначную динамику развития. В России с конца 20 века наблюдался существенный рост производства вплоть до 2008 года. Имело место строительство новых предприятий, реконструкция существующих, внедрение новых разработок в оборудовании и технологии. В связи с дальнейшими особенностями развития экономики фиксировалось снижение объемов выпуска пива до 2015 года. И только в начале 2016 года отмечена некоторая положительная динамика. В то же время нестабильный рынок продаж, рост налогообложения вызвал повышение цен на напиток, а следовательно, и падение спроса на пиво среди населения. Определенную роль сыграла и концепция государственной программы Министерства здравоохранения, которая предполагает снижение потребления алкогольной продукции на 2,0 л/год на душу населения (в пересчете на безводный спирт). Однако, по мнению отраслевых специалистов и маркетологов, стабилизация российской экономики приведет к новому развитию пивоваренной отрасли и формированию новой культуры потребления пива [1].

В настоящее время в пивоваренной промышленности наблюдаются тенденции развития с уклоном на объединение отдельных предприятий в крупные холдинги, техническое перевооружение, автоматизация производственной цепи, повышение качества и безопасности пива, расширение ассортимента. В последнем аспекте существенную роль играет так называемая «крафтовая революция» в России, в том числе и развитие микро- и мини-пивоварен. Данные предприятия в своем ассортименте помимо традиционных сортов предлагают крафтовое пиво.

Крафтовое пивоварение – это ремесло в буквальном понимании этого слова («craft beer» можно перевести, как «ремесленное пиво» или «ремесленное пивоварение»). «Craft beer» – это свежий взгляд на традиционное пивоварение и переосмысление исторических сортов. Крафтовое пиво – это интересное пиво, сваренное небольшой, независимой пивоварней по традиционному рецепту. Варить ремесленное пиво, значит придерживаться определенной философии: делать пиво лучше, чем у других.

Отечественные пивовары тесно сотрудничают с зарубежными компаниями по изготовлению технологического оборудования для малых заводов, что позволяет укрепить их позиции в общей совокупности производителей пива. Так, например, немецкая компания «Кронес» поставляет на отечественный рынок концепции крафтовых мини-пивоварен на основе унифицированных модульных систем «Micro Cube» и «Combi Cube». В этих системах заложены прогрессивные технические и технологические решения, обеспечивающие выход готового продукта высокого качества [2].

В основной ингредиентный состав пива входит хмель. Хмелю принадлежит особая роль в создании специфических органолептических свойств напитка. Применение хмеля отражает два основных аспекта технологии пива. Во-первых, формирование потребительских свойств напитка, таких как приятная горечь и характерный аромат. Во-вторых, способствует осветлению пивного сусла и в дальнейшем пива, повышает пенообразование и пеностойкость, подавляет развитие микрофлоры.

Для успешной деятельности предприятия, привлечения и организации определенного круга потребителя необходим комплексный подход к выбору хмеля, включающий в себя систему следующих кластеров (рис. 1).

Потребительский кластер. Успех практика-пивовара напрямую зависит от формирования локальной аудитории потребителя, донесения определенной культуры употребления. Этому активно содействуют определенные маркетинговые инструменты.

Для потребителя в первую очередь важны органолептические показатели напитка: горечь, вкус и аромат.

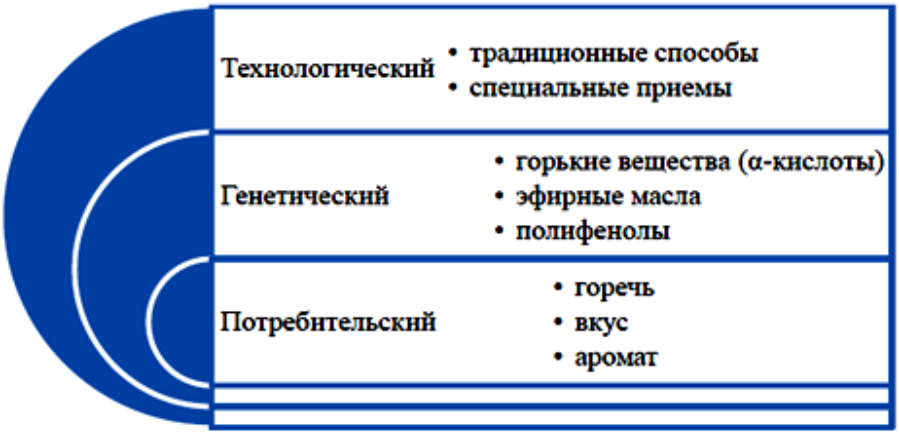


Рисунок 1 – Кластер-схема для выбора сорта хмеля

Маркировка тарированного хмеля не содержит информации о горечи, указывается количественное содержание α-кислот. В международной практике пивоварения горечь пива принято обозначать IBU – International Bitterness Unit, что в переводе означает «Международные Единицы Горечи».

Традиционные (массовые сорта) пива не отличаются высокой горечью, что не является характерным показателем специальных брендов. На рис. 2 представлена обобщенная информация о диапазонах горечи относительно некоторых сортов и типов пива.

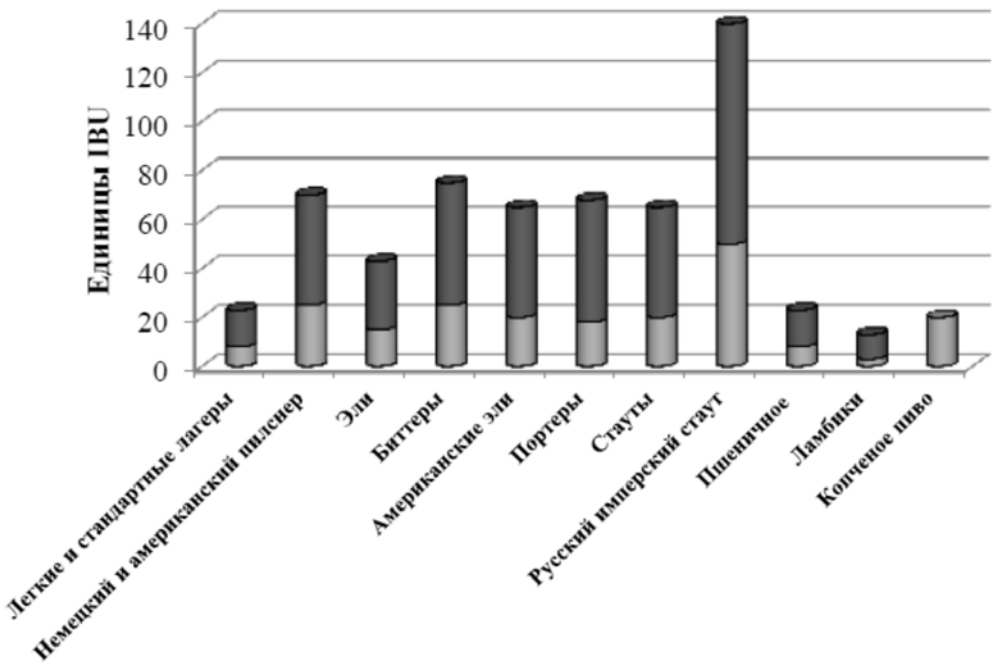


Рисунок 2 – Горечь (диапазон) некоторых типов и сортов пива [3]

Горечь пива в основном определяется именно хмелем, его особенностями химического состава. При этом данный показатель учеными рассматривается в достаточно глубоком смысле. Так, O. Oladokun et al. [4] по результатам сенсорного анализа выделяют более 10 дескрипторов горечи пива (тяжелая, круглая, терпкая, слаженная и т. д.).

Современный потребитель более склонен к вкусо-ароматическому профилю напитка, чем к имеющему выраженную горечь [5].

Генетический кластер. В начале 21 века селекция хмеля сводилась к использованию несложных родословных методов. Современное состояние науки демонстрирует углубленные исследования на молекулярном уровне, включая генетическую модификацию линий хмеля, изоляцию и идентификацию генов, отвечающих за важнейшие экономические и морфологические характеристики, получение генетических «отпечатков пальцев», а также изоляцию и идентификацию молекулярных маркеров для отбора по определенным признакам.

Кроме того, значение для качества хмеля имеет аспект его районирования [6]. Отмечена современная тенденция к выращиванию больше ароматных сортов, чем горьких [7].

В результате селекционирования специалисты отрасли получили широкий диапазон сортов хмеля, которые имеют индивидуальные химические (табл. 1) и вкусо-ароматические показатели.

Таблица 1 – Химический состав некоторых сортов хмеля

Сорт хмеля	Содержание горьких веществ и эфирных масел			
	α-кислота, %	β-кислота, %	когумулон, %	эфирные масла, $см^3$/100 г
Polaris (Германия)	18,0–23,0	4,5–6,5	22,0–28,0	4,0–5,0
Warrior (США)	14,5–18,0	4,3–6,0	22,0–28,0	1,3–1,7
Columbus (США)	14,5–15,5	4,5–5,5	32,0–38,0	2,5–4,5
Vic Secret (Австралия)	14,0–17,0	6,1–7,8	51,0–56,0	2,2–2,8
Enigma (Австралия)	13,5–16,5	4,8–6,4	38,0–40,0	2,4–3,0
EL Dorado (США)	13,0–17,0	7,0–8,0	28,0–33,0	2,5–2,8
Pekko (США)	13,0–16,0	3,5–4,3	27,0–30,0	2,1–2,7
Simcoe (США)	12,0–14,0	4,0–5,0	15,0–20,0	2,0–2,5
Chinook (США)	12,0–14,0	3,0–4,0	29,0–34,0	1,5–2,7
Magnum (Германия)	12,0–14,0	4,5–5,5	24,0–25,0	1,9–2,3
Citra (США)	11,5–16,0	6,0–7,	23,0–28,0	1,5–3,0
Mosaic (США)	11,5–13,5	3,2–3,9	24,0–26,0	1,0–1,5
Galaxy (Австралия)	11,0–16,0	5,0–6,9	32,0–42,0	3,0–5,0
Green Bullet (Новая Зеландия)	11,0–15,0	2,9–7,0	38,0–43,0	0,4–1,1
Centennial (США)	9,5–11,5	3,5–4,0	28,0–30,0	1,5–2,5
Amarillo (США)	8,0–11,0	6,0–7,0	21,0–24,0	1,5–1,9
Triskel (Франция)	8,0–9,0	4,0–4,7	20,0–23,0	1,5–2,0
First Gold (Великобритания)	5,6–9,3	2,3–4,1	31,0–36,0	0,7–1,5
Kohatu (Новая Зеландия)	5,0–7,0	4,6–6,0	18,0–23,0	0,1–0,1
Cascade (США)	4,5–8,9	3,6–7,5	33,0–40,0	3,6–7,5
Cascade (Германия)	4,5–7,7	4,8–7,0	33,0–40,0	0,7–1,4
Styrian Golding B (Bobek) (Словения)	3,5–9,3	4,0–6,6	26,0–31,0	0,7–4,0
SAAZ (Жатецкий) (Чехия)	2,5–4,5	4,0–6,9	23,0–28,0	0,4–0,8

Определяющее значение для пивоварения представляют содержащиеся в хмеле горькие вещества и эфирные масла. Основные носители горечи – изо-α-кислоты (изогумулон, изокогумулон, изоадгумулон и их цис- и транс-изомеры), которые в массовом количестве образуются из предшественников при кипячении сусла с хмелем в результате реакций изомеризации и окисления. Эфирные масла (летучие маслообразные вещества) в процессе технологического процесса улетучиваются, однако их остаток предопределяет вкус и аромат пива. Особое внимание заслуживает и фенольный комплекс хмеля, отдельные представители которого (полифенольные вещества) являются биоантиоксидантами, защитой от окисления ценных горьких веществ [4, 8–10].

Технологический кластер. Традиционно сусло охмеляют в несколько приемов. Горькие сорта обычно вносят в начале кипячения. Данный прием позволяет увеличить степень изомеризации кислот. Ароматный хмель вносят в конце процесса в количестве не более 25 % от общей массы хмелепродуктов.

Технология сухого охмеления – это новая тенденция развития пивоварения, позволяющая создавать бренды пива. На практике сухое охмеление проводят гранулированным хмелем при дображивании, вносят в форфасы или добавляют в кег (при малой мощности предприятия).

Внесение хмелепрепаратов по окончании процесса ферментации позволяет сохранить нестабильные ароматические масла хмеля, удаляющиеся при термической обработке сусла [5, 11, 12].

Для сухого (иногда в литературе встречается термин «холодное») охмеления предпочтительнее использовать сорта с низким содержанием горьких кислот и более высоким – эфирных масел. Но и при этом есть исключения. Благородные хмели имеют «двойное назначение». Например, Chinook и Columbus широко применяются в мировой практике и дают хорошие свойства горечи, вкусовые и ароматические профили пива. Cascad – вообще признанный лидер в американском пивоварении.

Учитывая в совокупности показатели химического состава, можно решить вопрос о комбинации разных сортов, о способах охмеления для конкретного технологического процесса.

В настоящее время в традиционном пивоварении получили признание специалистов современные сорта хмеля, которые позволяют создать профиль бренда. Рассмотрим некоторые из них.

Так, хмель сорта Simcoe (США), имея высокое содержание α-кислоты и низкое – когумулона, идеален для горького охмеления. Отличительной чертой является присутствие приятных фруктовых ноток, землистого и соснового аромата.

Centennial (США) имеет универсальное назначение, добавляет напитку сильную горечь. Enigma (Австралия) является новейшим экспериментальным хмелем, выведенным из немецкого хмеля Тетнанг. Раскрывает свой потенциал в сухом охмелении или в конце варки. Green Bullet (Новая Зеландия) зарекомендовал себя на рынке как хмель двойного назначения с превосходным ароматом, мощной горечью и пикантным тоном.

Super Styrian Aurora (Словения) – пряный хмель с травянистыми нотками, придает пиву бархатистый хмелевой аромат и умеренную горечь.

Пивоваренные холдинги по-прежнему придерживаются традиций. Magnum (Германия) используется преимущественно в качестве базовой горечи с тонким цитрусовым ароматом. Наиболее подходит для элей и лагеров (пива низового брожения), когда желательна чистая горечь.

Perle (Германия) особенно популярен благодаря хорошо сбалансированному аромату и высокой горечи. Kazbek (Чехия) – относительно новый сорт хмеля, назван в честь горы на Кавказе, имеет схожие характеристики с Жатецким, но в нем более высокой содержание α-кислоты и когумулона. Придает пиву изысканный землистый аромат. SAAZ (Жатецкий) (Чехия) является одним из четырех оригинальных хмелей и имеет классический аромат. Его масла находятся в гармоничном балансе. Является ароматным хмелем, тем не менее при

раннем охмелении добавит тонкую горечь, высокое содержание полифенолов повысит срок хранения пива.

Brewer's Gold (США) – горький хмель с нейтральным ароматом, применим для стаутов, темных сортов пива низового брожения.

Для пшеничного пива подходят горько-ароматные сорта хмеля, придающие напитку легкую, мягкую горечь и аромат. Например, Green Bullet и Hallertau Aroma (Новая Зеландия), Hallertauer Mittelfrüh, Hallertauer Tradition и Hersbrucker (Германия).

Для того чтобы сварить интересное пиво, мировой рынок хмеля предлагает широкий ассортимент сортов, обладающих уникальными вкусо-ароматическими профилями.

Так, например, для формирования травяных оттенков используется Warrior (США). Его вкусовой профиль образуют мягкие чистые горьковатые тона с мягкими цитрусовыми и травяными тонами. Это превосходный выбор для того, кто ищет хмели, способные хорошо сочетаться с другими сортами. Сорт Columbus (США) имеет сильный хмелевой и глубокий травяной аромат со шлейфом цитрусовых и марципановых ноток.

Экзотический профиль пива позволяют создать следующие сорта. EL Dorado (США) – новый американский сорт хмеля с необычной ароматикой косточковых фруктов, арбуза, груши, цитрусов и тропических фруктов. Pekko (США) – удивительный хмель, который придает пиву ноты косточковых фруктов, апельсина, лимона и мяты, подходит для различных стилей пива.

В настоящее время Citra (США) – один из самых востребованных сортов хмеля среди пивоваров. Как и следует из названия, имеет сильный цитрусовый профиль. Mosaic (США) придает приятный хмелевой вкус, внося ароматы манго, сосны, цитрусовых и трав с ароматами тропических и косточковых плодов. Tahoma (США) имеет очень низкое содержание когумулона, придавая напитку тонкий прекрасный аромат лимона с оттенками апельсина, дерева и специй.

Cascade (США) является одним из самых популярных хмелей в американском крафтовом пивоварении за счет содержания низкого количества α-кислоты и придаваемых пиву приятных цитрусовых и пряных фруктовых ароматов.

Vic Secret (Австралия) широко используется в практике сухого охмеления, располагая элементами тропических фруктов, трав и сосны с чистыми нотками ананаса и маракуйи. Motueka (Новая Зеландия) имеет уникальный аромат с оживленными нотками лимона и лайма. Этот благородный хмель со сбалансированной горечью, был выведен скрещиванием с хмелем Saazer.

Kohatu (Новая Зеландия) добавит свежести в пиво с необыкновенным интенсивным ароматом тропических фруктов и свежих измельченных сосновых иголок. First Gold (Великобритания) – универсальный сорт хмеля, с цветочным и фруктовым профилем, напоминающий мармелад и магнолию. Имеет сладкий мандариново-апельсиновый аромат с оттенком корицы. Polaris (Германия) – отличается интенсивным ароматом с нюансами эвкалипта, мяты, и цитрусовых фруктов, с освежающими нотками мяты и смолы, выходящими на первый план.

TnT (Германия) обладает приятным и интересным ароматом с удивительной палитрой: от сладких фруктов, цитруса до тонких древесных ноток, пряности и сливочной карамели. Cascade (Германия) – сила в аромате, который несет в себе цветочный, ботанический букет в сочетании с цитрусовыми-пряными нотками и исключительно чистой, сбалансированной горечью.

Во Франции выведен новый сорт хмеля – Triskel, селекционированный путем скрещивания французского сорта Штриссельшпальт и мужского английского сорта Йоманс. Привносит в пиво цветочные, а также слегка фруктовые, цитрусовые ноты.

С учетом анализа уже имеющихся исследований в области охмеления пивного сусла современные тенденции развития вопроса будут направлены на использование полифенольного потенциала хмеля (в особенности флавоноидов) в аспекте антиоксидантных и антимикробных свойств данных компонентов.

Таким образом, использование в комплексе инструментов предлагаемых кластеров будет способствовать успешной деятельности предприятия, привлечению и формированию определенного круга потребителя путем создания собственных брендов пива.

Список литературы

1. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.fedstat.ru/indicators/start.do.

2. Федоренко, Б. Н. Инновационное технологическое оборудование для крафтового пивоварения / Б. Н. Федоренко, Ф. Трэнкл // Пиво и напитки. – 2017. – № 1. – С. 22–24.

3. Таблица горечи пива [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://beercomments.com.

4. Perceived bitterness character of beer in relation to hop variety and the impact of hop aroma / O. Oladokun [et al.] // Food Chemistry. – 2017. – P. 215–224.

5. Modification of perceived beer bitterness intensity, character and temporal profile by hop aroma extract / O. Oladokun [et al.] // Food Research International. – 2016. – P. 104–111.

6. Rossini, F. Agronomic performance and beer quality assessment of twenty hop cultivars grown in Central Italy / F. Rossini, P. Loreti, R. Roberto // Italian Journal of Agronomy. – 2016. – P. 117.

7. Пять хмелей крафтовой революции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://profibeer.ru.

8. Brown beer vinegar: a potentially functional product based on its phenolic profile and antioxidant activity / E. Mudura [et al.] // Journal of the Serbian Chemical Society. – 2017. – P. 1–12.

9. The impact of hop bitter acid and polyphenol profiles on the perceived bitterness of beer / O. Oladokun [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – P. 212–220.

10. The flavor potential of hop polyphenols in beer / K. Goiris [et al.] // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2014. – Vol. 72 (2) – P. 135–142.

11. Dry-Hopping the effects of temperature and hop variety on the bittering profiles and roperties of resultant beers / O. Oladokun [et al.] // Brewing Science. – 2017. – P. 187–196.

12. Матвеева, Н. А. Выбор сорта хмеля для технологии сухого охмеления / Н. А. Матвеева, А. А. Титов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – С. 120–125.

УДК 637.1:665.3

ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК И ПРОВЕДЕНИЯ МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ ПЦР ДЛЯ МЕТАБАРКОДИНГА ДНК МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ И МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОДУКЦИИ

М. Ю. Сыромятников, М. И. Деревщикова, В. Н. Попов
Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Введение

В настоящее время крупные производители молока, сыров, йогурта, творога и других молочных продуктов, майонеза, также производители мясных продуктов, соков и других пищевых ингредиентов сталкиваются с проблемой обсеменения продукции эукариотическиими микроорганизмами и прокариотическими микроорганизмами. Источником поступления микроорганизмов в продукцию могут быть вода, производственный инвентарь, работники, входящее сырьё и т.д. Кроме того, в окружающей среде содержится множество различных микроорганизмов, способных привести к повторному загрязнению пищевых продуктов во время производства [1].

В целом, молочные продукты характеризуются малым сроком годности, поскольку они являются хорошей средой для роста широкого спектра микроорганизмов. Загрязнение молочных продуктов при транспортировке, обработке или хранении, патогенными для человека микроорганизмами, такими как *Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus, Escherichia coli* и *Salmonella enterica*, часто приводит к тяжелым болезням пищевого происхождения [2]. Кроме того, серьёзной проблемой является брожение продуктов, которое часто вызывается бактериями рода Clostridium [3, 4, 5]. Стафилококковое пищевое отравление является одним из самых распространённых во всем мире, а молочные и молочнокислые продукты обычно связаны с вспышками этого заболевания. Один нанограмм стафилококкового энтеротоксина на грамм загрязненной пищи может вызывать симптомы пищевого отравления. Обнаружение контаминации пищевых продуктов болезнетворными микроорганизмами на стадиях производства имеет важное социальное значение. Так в Эфиопии, регионе Тиграй, в котором наблюдается высокое распространение энтеротоксигенного S. aureus в 2016 году было проведено исследование распределения генов стафилококковых энтеротоксинов. При помощи секвенирования гена стафилококкового белка A (spa) в сыром коровьем молоке и молочных продуктах, из 549 образцов молочной продукции 160 (29,1 %) были положительными для *S. aureus* [6]. Исследователями из Пакистана, где загрязнение продуктов питания различными микроорганизмами является повсеместной и серьезной проблемой, провели работу, направленную на то, чтобы изолировать и охарактеризовать загрязняющие бактерии из местного переработанного масла, основного продукта молочной промышленности в стране. Им удалось выделить и определить штамм *Enterococcus faecium* из коммерческого образца сливочного масла. Штамм был идентифицирован путем секвенирования последовательностей 16S и 23S рРНК генов [7].

Помимо загрязнения пищевых продуктов патогенными микроорганизмами, актуальна проблема роста микроорганизмов, вызывающих нежелательные реакции, которые ухудшают вкус, запах, цвет и сенсорные и текстурные свойства продуктов [8]. В связи с глобализацией торговли продуктами питания важной задачей производителей становится продление срока хранения продуктов. Однако споры и термофильные бактерии способны вызывать порчу продуктов питания и создают проблемы, связанные с безопасностью продукта. Таким образом, продление срока хранения остается сложной и одновременно важной задачей [9]. Знание состава микробиома пищи имеет важное значение для определения безопасности и качества пищевого продукта.

Секвенирование нового поколения (NGS) представляет собой интересный подход к пищевой микробиологии, позволяющий определять микробное сообщество непосредственно

в образцах пищи [10]. Конкурентная борьба между производителями привела к устойчивым техническим улучшениям и снижению затрат почти на всех платформах NGS, что позволило широко использовать эти технологии и обеспечить более полное описание микробного сообщества, его взаимодействие и эволюцию [11]. Так, при помощи NGS на базе Illumina, определяли состав микробного сообщества сыра и продемонстрировали наличие большой популяции спорообразующих бактерий, которая является основной причиной порчи продуктов до истечения предполагаемого срока годности. Штамм, принадлежащий группе *Bacillus cereus*, был идентифицирован в образцах сыра и являлся причиной быстрой порчи продукции. Также обнаружили, что споры *Bacillus cereus* были занесены из сырья, такого как сыворотка [12].

NGS обеспечивает представление о составе микробных популяций и показывает, что улучшение и применение таких методов в пищевой микробиологии может быть отличным способом для детального анализа микробиологического качества пищи. Для проведения высокопроизводительного секвенирования необходимо получение высококачественной ДНК из сообществ микроорганизмов пищевых продуктов. Также необходима оптимизация проведения мультиплексной ПЦР для одновременной амплификации ДНК прокариотических и эукариотических микроорганизмов. Приготовление библиотек ДНК для секвенирования является одной из самых критических точек при проведении анализа. Исходя из этого, целью данной работы явилась оценка эффективности различных способов выделения ДНК микроорганизмов, обсеменяющих молочную и масложировую продукцию, а также подбор оптимального режима проведения мультиплексной ПЦР.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовали пищевые молочные продукты коммерчески доступные: йогурт, молоко, майонез, сыр, творог, майонезный соус, масло. Для исследования брали 1 г твердого вещества или 1 мл жидкого раствора.

При разработке метода выделения ДНК были выбраны следующие микроорганизмы: *Bacillus sp.* (*Bacillus cereus, Bacillus subtilis*), как представитель грамположительных микроорганизмов, *Escherichia coli* и *Pseudomonas fluorescens*, как представители грамотрицательных микроорганизмов, а также дрожжи *Pichia sp.* и плесень *Rhizopus sp.*, как представитель эукариотических микроорганизмов (дрожжи и плесень). Кроме того, выбор данных микроорганизмов обусловлен их большим присутствием в молочной и масложировой продукции. Исследуемые микроорганизмы были изолированы из молока (бактерий рода *Bacillus sp.* и *Pseudomonas sp.*) и майонеза (дрожжей *Pichia sp.*).

В качестве способов выделения ДНК нами были выбраны следующие методы:

1. Метод, основанный на сорбции ДНК без применения колонок – набор Проба-ГС (ДНК-технология, Россия). Выделение ДНК проводили согласно приложенной инструкции.
2. Метод, основанный на сорбции ДНК с применением колонок отечественного производителя – набор для выделения ДНК из культур клеток (Biosilica, Россия). Выделение ДНК проводили согласно приложенной инструкции.
3. Метод, основанный на сорбции ДНК с применением колонок зарубежного производителя – набор для выделения геномной ДНК Quick-DNA Miniprep (Zymo Research, США). Выделение ДНК проводили согласно приложенной инструкции.
4. Выделение ДНК на основе органической экстракции с использованием СТАВ буфера.

Выделение ДНК проводили по следующей схеме:

1. 150 мкл отобранной смеси помещали в 1 мл прогретого до 65 ^{o}C СТАВ-буфера следующего состава:
   - ЦТАБ 3 %;
   - NaCl 1,4М;
   - ЭДТА 20 мМ;
   - Tris 100 мМ;
   - dH2O до необходимого объёма.

2. Полученный гомогенат переносили в пробирку типа Eppendorf на 2 мл, инкубировать 5-7 мин при 65 ^{o}C, периодически перемешивая.

3. Остудив пробирку до комнатной температуры, добавляли равный объем смеси хлороформ-изоамиловый спирт (24/1) и перемешивали (3–5 мин).

4. Центрифугировали 5 мин при 13 000 g.

5. Супернатант переносили в чистую пробирку Eppendorf на 1,5 мл (не задевая среднюю и нижнюю фазы).

6. Добавляли 0,7 объёма холодного изопропанола.

7. Центрифугировали 5 мин при 21 000 g, отбирали супернатант.

8. Осадок дважды промывали этанолом по 5 мин.

9. Тщательно удаляли остатки спирта, подсушивали пробирку на воздухе 10–15 мин до полного высыхания осадка.

10. Осадок ДНК растворяли в mQ H_2O, до полного исчезновения осадка.

Для исследования использовали предварительно протестированные на наличие бактериального и грибкового загрязнения образцы молока, йогурта, сливочного масла, майонеза, майонезного соуса, плавленого сыра и творога. Для искусственного обсеменения микроорганизмами использовали 1 гр пищевого субстрата.

Для сравнительного анализа использовали одинаковые титры бактериальных и эукариотических микроорганизмов для каждого из наборов. Учитывая тот факт, что при генетическом определении микроорганизмов в пищевых субстратах и кормах необходимым этапом обнаружения микроорганизмов является предварительное обогащение (для исключения влияния ДНК мертвых микроорганизмов на результаты анализа, а также для повышения чувствительности ПЦР). Пищевой субстрат с бактериальными примесями растворяли в питательной среде в соотношении 1:9 (1 часть пробы: 9 частей среды). После кратковременного инкубированния (90 минут), для равномерного распределения микроорганизмов, отбирали из полученной смеси 100-150 мкл непосредственно для выделения ДНК.

При выделении ДНК из майонезов и масел проводили дополнительный этап, который заключается в осаждении клеток микроорганизмов с помощью центрифугирования при 5000 g 5 минут. Надосадок удаляли вместе с жиром, а осадок ресуспендировали в 150 мкл питательной среды и использовали его для выделения ДНК. Данный этап необходим для избавления от жиров, которые препятствуют выделению ДНК.

Конечную концентрацию тотальной ДНК в растворе определяли с помощью флуориметра Qubit (“Invitrogen”, США). О степени чистоты полученных препаратов судили по соотношению A260/A280 на спектрофотометре Hitachi F-7000.

Полимеразная цепная реакция проводилась с использованием Taq-полимеразы на приборе Mastercycler personal (Eppendorf, Германия).

Визуализацию продуктов ПЦР проводили с помощью электрофореза в 2 % агарозном геле с последующей визуализацией на трансиллюминаторе TCP-20LM при длине волны 312 нм. В качестве красителя нуклеиновых кислот использовали бромистый этидий. Размер продуктов определяли путём сравнения с маркерами ДНК известной длины (Евроген, Россия).

Количественную полимеразную цепную реакцию проводили на приборе Bio-Rad CFX 96 (Bio-rad, США) с готовой коммерчески доступной смесью для ПЦР qPCRmix-HS SYBR+LowROX (Евроген, Россия). Качество ПЦР продуктов оценивали по кривым плавления и электрофоретически в 2,5 % агарозном геле.

Результаты и их обсуждения

В полученных препаратах ДНК из разных продуктов измеряли концентрацию ДНК. Концентрация ДНК существенно варьировала при различных способах выделения ДНК, кроме того, величина концентрации ДНК зависела от таксонов микроорганизмов (рис. 1-3).

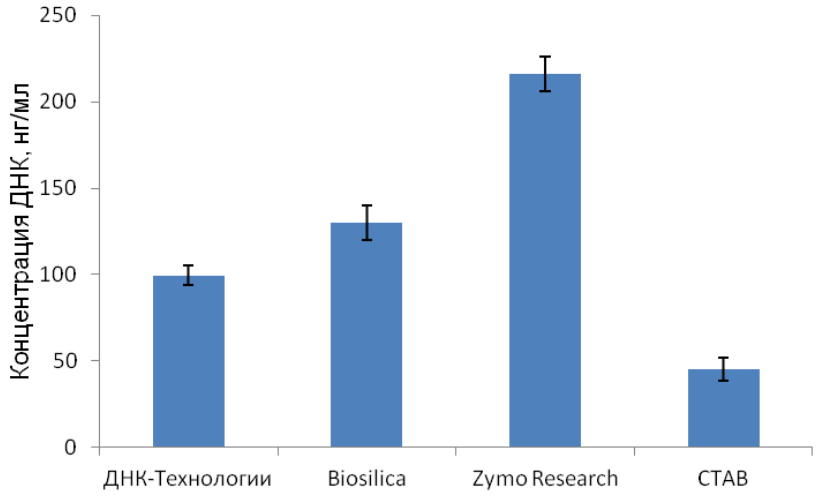


Рисунок 1 – Концентрация ДНК при выделении из грамположительных бактерий

На диаграмме отражена стандартная ошибка среднего

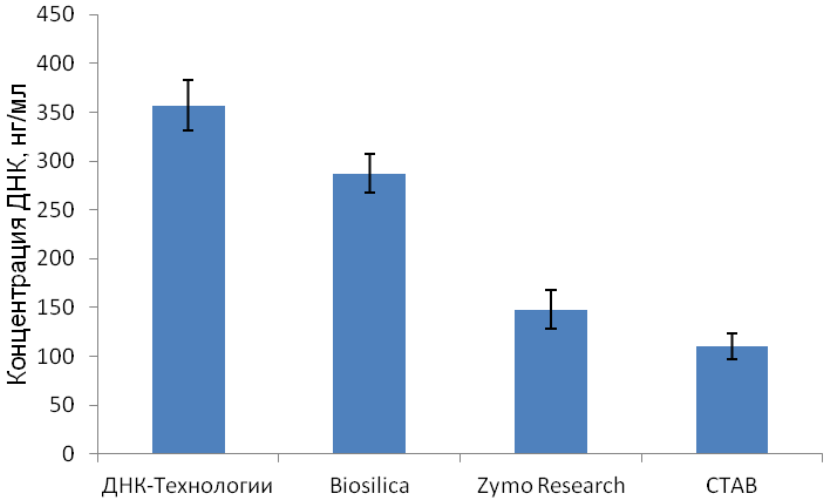


Рисунок 2 – Концентрация ДНК при выделении из грамотрицательных бактерий

На диаграмме отражена стандартная ошибка среднего

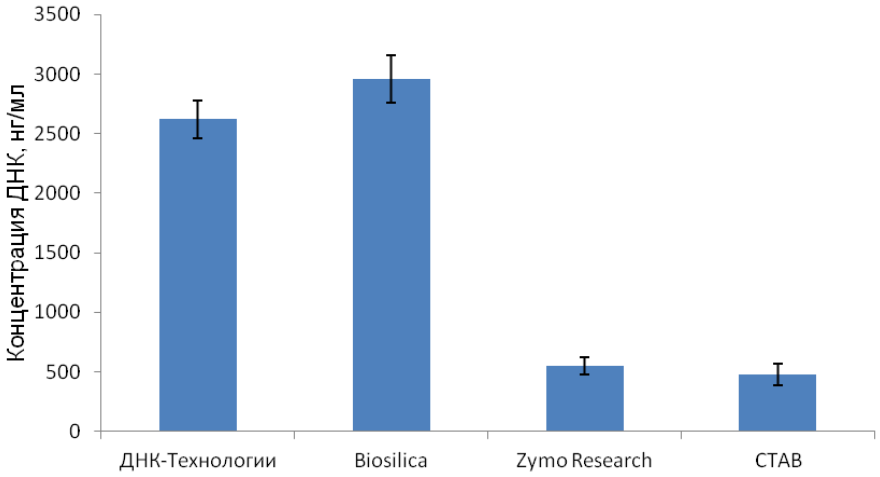


Рисунок 3 – Концентрация ДНК при выделении из дрожжей и плесени

На диаграмме отражена стандартная ошибка среднего

Ярко выраженной тенденции среди используемых способов выделения ДНК не было отмечено за исключением способа выделения, основанного на органической экстракции ДНК с использование CTAB, где выход ДНК был наименьшим среди всех исследуемых способов выделения ДНК. Необходимо отметит, что данный показатель не является полностью объективным при оценке качества препаратов ДНК, т.к. не учитывается такие факторы как присутствие ингибиторов ПЦР и фрагментированность ДНК.

Основным параметром, по которому оценивалось качество полученной ДНК, являлось ПЦР в реальном времени с универсальными праймерами к бактериям (16S rRNA, праймеры: 337F GACTCCTACGGGAGGCWGCAG и 536R GTATTACCGCGGCKGCTG), дрожжам и плесени (ITS1, праймеры: ITS1 TCCGTAGGTGAACCTGCGG и ITS2 GCTGCGTTCTTCATCGATGC). Преимуществом данного подхода является оценка влияния, как ингибиторов ПЦР, так и степени поврежденности ДНК. Основным параметром оценки эффективности является цикл (Cq), при котором происходит выход кривых на логарифмическую фазу. Чем меньше параметр Cq, тем выше содержание анализируемой ДНК. Использовали следующий температурный цикл 94 °C 3 мин, 35 циклов 94 °C 30 сек 51 °C 30 сек, 72 °C 30 сек. Нами был оценен это параметр для различных продуктов и разных способов выделения ДНК (таблица 1).

Таблица 1 – Величина Cq при различных способах выделения ДНК

Пищевой субстрат	Способ выделения	Cq		
		Грамположительные бактерии	Грамотрицательные бактерии	Дрожжи и плесень
Йогурт	ДНК-Технологии	24,17	24,08	20,87
	Biosilica	25,66	24,18	22,08
	Zymo Research	23,90	23,17	20,38
	CTAB	22,49	31,17	22,54
Молоко	ДНК-Технологии	27,20	23,29	19,42
	Biosilica	23,77	21,60	16,92
	Zymo Research	23,89	22,10	19,58
	CTAB	26,83	24,38	20,45
Майонез	ДНК-Технологии	21,66	22,60	11,08
	Biosilica	25,35	22,20	15,20
	Zymo Research	22,10	22,30	12,10
	CTAB	24,20	22,20	16,30
Сыр	ДНК-Технологии	23,90	25,01	18,95
	Biosilica	25,70	22,66	22,62
	Zymo Research	22,90	23,15	19,38
	CTAB	25,33	24,01	22,9
Творог	ДНК-Технологии	23,19	23,10	21,87
	Biosilica	25,90	25,30	22,00
	Zymo Research	24,00	23,17	21,38
	CTAB	24,00	28,19	22,54

Продолжение таблицы 1

Соус	ДНК-Технологии	25,35	20,07	19,77
	Biosilica	27,33	36,84	24,74
	Zymo Research	25,10	21,3	19,20
	CTAB	24,20	22,2	19,00
Масло	ДНК-Технологии	22,93	23,09	12,05
	Biosilica	22,41	24,19	16,37
	Zymo Research	21,80	23,00	13,01
	CTAB	22,80	26,30	17,24

При оценке Cq не было выявлено высокой вариабельности данного показателя при различных способах выделения ДНК. Самые низкие параметры Cq, как для грамположительных, так и для грамотрицательных бактерий были характерны для набора Zymo Research – в среднем 23,39 для грамположительных бактерий и 22,6 для грамотрицательных бактерий. Однако при выделении набором Проба-ГС эти параметры составили 24,07 и 23,03 соответственно. Таким образом, различия в параметре Cq этих двух наборов составляют не более 3 %. В случае с выделением ДНК из дрожжей и плесени наилучшие значения были получены для двух наборов – коммерческого набора Проба-ГС и Zymo Research. Выделение ДНК методом органической экстракции с использование CTAB показало низкую эффективность при выделении ДНК из дрожжей и плесени. Низкие значения Cq для препаратов ДНК из майонеза и масел, а соответственно, и высокой концентрации ДНК, вероятно, обусловлены проведением дополнительной стадии на этапе выделения ДНК, заключающегося в концентрировании микроорганизмов и удалении жиров. Применение этого этапа для других исследуемых продуктов невозможно из-за того, что вместе с микроорганизмами в ходе центрифугирования будут оседать и пищевые компоненты, которые затем будут препятствовать выделению ДНК.

Мультиплексная ПЦР (multiplex PCR) – ПЦР, в которой одновременно используют более одной пары праймеров, что приводит к одновременно амплификации нескольких ДНК-матриц. При идентификации микроорганизмов методом высокопроизводительного секвенирования мультиплексная ПЦР может быть применена на этапе приготовлении библиотек секвенирования, в частности при одновременном метабаркодинге бактерий, дрожжей и плесени. Нами были выбраны пары праймеров, которые амплифицируют фрагмент ДНК длинной до 400-420 п.н. (максимальная длина прочтения большинства секвенаторов нового поколения) и которые бы амплифицировали наиболее вариабельные области исследуемых отрезков.

Для амплификации бактериальной ДНК были выбраны праймеры:

785F GGATTAGATACCCTGGTA / 1100R GGGTTGCGCTCGTTG

Длина продукта 315 п.н.

337F GACTCCTACGGGAGGCWGCAG / 536R GTATTACCGCGGCKGCTG

Длина продукта 199 п.н.

Для амплификации ДНК дрожжей и плесени были выбраны праймеры:

ITS1 TCCGTAGGTGAACCTGCGG / ITS2 GCTGCGTTCTTCATCGATGC

Длина продукта зависит от таксона микроорганизма и не превышает 450 п.н.

ITS3 GCATCGATGAAGAACGCAGC / ITS4 TCCTCCGCTTATTGATATGC

Длина продукта зависит от таксона микроорганизма и не превышает 450 п.н.

Исходя из этого, было составлено 5 комбинаций праймеров для одновременной амплификации ДНК бактерий, дрожжей и плесени:

Комбинация праймеров №1: 785F / 1100R и ITS1 / ITS2.

Комбинация праймеров №2: 337F / 536R и ITS1 / ITS2.

Комбинация праймеров №3: 785F / 1100R и ITS3 / ITS4.

Комбинация праймеров №4: 337F / 536R и ITS3 / ITS4.

Комбинация праймеров №5: 785F / 337F / 1100R / 536R / ITS1 / ITS2 / ITS3 / ITS4.

Исследуемый диапазон температуры плавления праймеров варьировал от 48 до 60 °С. Использовали следующий температурный цикл: 94 °С 3 мин, 35 циклов 94 °С 30 сек 48-60 °С 30 сек, 72 °С 30 сек, конечная элонгация 72 °С 10 мин.

Далее, оценивали появление неспецифических фрагментов при амплификации праймеров и ДНК.

Для выявления наличия не специфических продуктов амплификации проводили электрофорез в агарозном геле. С помощью этого же метода оценивали наличие искомых продуктов ПЦР при различных температурах плавления праймера. На первом этапе осуществляли полный цикл амплификации ДНК без добавления ДНК микроорганизмов для того чтобы исключить образования гетеродимеров между праймерами. В ходе проведения экспериментов димеров не было обнаружено не в одной из комбинаций праймеров и при различных температурах плавления праймера. На рисунке 4 изображена электрофореграмма продуктов мультиплексной ПЦР при температуре плавления праймеров 54 °С.

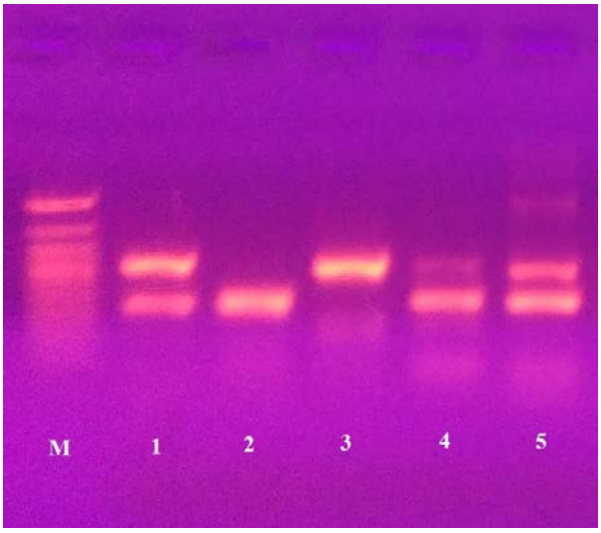


Рисунок 4 – Элетрофореграмма продуктов ПЦР с разными комбинациями праймеров при температуре плавления праймеров 54 °С:

1. Комбинация праймеров №1: 785F / 1100R и ITS1 / ITS2.
2. Комбинация праймеров №2: 337F / 536R и ITS1 / ITS2.
3. Комбинация праймеров №3: 785F / 1100R и ITS3 / ITS4.
4. Комбинация праймеров №4: 337F / 536R и ITS3 / ITS4.
5. Комбинация праймеров №5: 785F / 337F / 1100R / 536R / ITS1 / ITS2 / ITS3 / ITS4.

М. Маркеры известной длины.

В ходе анализа электрофореграмм было выявлено, что наиболее оптимальной температурой плавления праймеров является 54 °С. При этой температуре практически полностью отсутствовали не специфические продукт амплификации во всех комбинациях праймеров. Кроме того, в комбинации праймеров №5 присутствовали все ожидаемые продукты ПЦР, в отличие от других исследуемых температур плавления праймеров. При этой же температуре фрагмент на 200 п.н. (продукт амплификации праймеров ITS1/ITS2) был наиболее выраженный, чем при других исследуемых температурах. В ходе анализа электрофореграмы было выявлено, что лучшей комбинацией праймеров является комбинация №1 785F / 1100R и ITS1 / ITS2. При этой комбинации праймеров формируется стабильный продукт ПЦР длиной около 400 п.н., характерный для пары праймеров 785F / 1100R. Данный продукт наблюдался при всех исследуемых температурах плавления

праймеров. Комбинация праймеров №2 также амплифицирует искомые фрагменты ДНК, однако для бактерий формируется более короткий фрагмент – 199 п.н., что затруднит последующую идентификацию таксона на основе секвенирования ввиду низкой «разрешающий способности» короткого фрагмента ДНК при поиске гомологичных последовательностей в международных базах данных. Комбинация праймеров №3 не является предпочтительной ввиду более низкой эффективности амплификации праймеров ITS3/ITS4 по сравнению с праймерами ITS1/ITS2 в наших экспериментах. Комбинация праймеров №4 не является предпочтительной сразу по двум причинам: для бактерий формируется более короткий фрагмент (199 п.н.), а для эукариотических микроорганизмов (праймеры ITS3/ITS4) наблюдалась низкая эффективность амплификации. Таким образом, наиболее оптимальным условиям проведения мультиплексной ПЦР для проведения метабаркодинга является использование 4 праймеров: 785F, 1100R, ITS1 и ITS2 с температурой плавления праймеров при проведении ПЦР 54 °С и с временем элонгации 30 сек.

Список литературы

1. Oliver, S. P. Foodborne Pathogens in Milk and the Dairy Farm Environment: Food Safety and Public Health Implications / S. P. Oliver, B. M. Jayarao, R. A. Almeida // Foodborne Pathog. Dis. Mary Ann Liebert Inc. – 2005. – Vol. 2. – № 2. – P. 115–129.

2. In vitro activities of nisin and nisin derivatives alone and in combination with antibiotics against Staphylococcus biofilms / D. Field [et al.] // Frontiers in microbiology. – 2016. – Vol. 7. – P. 508.

3. Vallero, D. A. Environmental Biotechnology / D. A. Vallero // Environmental Biotechnology. – 2016. – P. 1–40.

4. Peck, M. W. Clostridium botulinum and the safety of minimally heated, chilled foods: an emerging issue? / M. W. Peck // J. Appl. Microbiol. Wiley-Blackwell. – 2006. – Vol. 101. – № 3. – P. 556–570.

5. Anaerobic sporeformers and their significance with respect to milk and dairy products / C. J. Doyle [et al.] // Int. J. Food Microbiol. – 2015. – Vol. 197. – P. 77–87.

6. Enterotoxin gene profile and molecular characterization of Staphylococcus aureus isolates from bovine bulk milk and milk products of Tigray Region, Northern Ethiopia / E. K. Tarekgne [et al.] // Journal of food protection. – 2016. – Vol. 79. – №. 8. – P. 1387–1395.

7. Production, characterization, and antimicrobial activity of a bacteriocin from newly isolated Enterococcus faecium IJ-31 / I. Javed [et al.] // Journal of food protection. – 2010. – Vol. 73. – №. 1. – P. 44–52.

8. Bacterial spoilers of food: behavior, fitness and functional properties / B. Remenant [et al.] // Food microbiology. – 2015. – Vol. 45. – P. 45–53.

9. Characterization of aerobic spore-forming bacteria associated with industrial dairy processing environments and product spoilage / G. Lücking [et al.] // International journal of food microbiology. – 2013. – Vol. 166. – №. 2. – P. 270–279.

10. Impact of next generation sequencing techniques in food microbiology / B. Mayo [et al.] // Current genomics. – 2014. – Vol. 15. – №. 4. – P. 293–309.

11. Performance comparison of benchtop high-throughput sequencing platforms / N. J. Loman [et al.] // Nature biotechnology. – 2012. – Vol. 30. – №. 5. – P. 434.

12. Microbial dynamics during shelf-life of industrial Ricotta cheese and identification of a Bacillus strain as a cause of a pink discolouration / E. Sattin [et al.] //Food microbiology. – 2016. – Vol. 57. – P. 8–15.

УДК 637.28

ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СПРЕДОВ

Л. В. Терещук*, К. В. Старовойтова*, О. А. Ивашина**

*****Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
******АО «Евразиан Фудс», г. Караганда, Республика Казахстан

Основные направления при конструировании новых видов пищевой продукции с жировой фазой, состоящей из молочного и растительного сырья, - регулирование жирнокислотного состава, варьирование массовой доли жира, и, следовательно, калорийности продукта, использование технологических добавок комплексного действия, совмещающих в себе несколько функций, в том числе эмульгирующее действие, а также разработка технологических процессов, способствующих увеличению комплексности применения сырья и уменьшению ресурсоемкости производства [2, 6].

Пищевые эмульсии, к которым относятся сливочно-растительные спреды, представляют собой дисперсные системы, образованные двумя взаимно нерастворимыми жидкостями (масло и вода), одна из которых распределена в другой в виде мельчайших сферических капель. Вещество капель считается дисперсной или внутренней фазой. Вещество, составляющее окружающую жидкость, называется дисперсионной, непрерывной, сплошной, или внешней средой. Полная или частичная нерастворимость дисперсной фазы в дисперсионной среде - необходимое условие образования эмульсии.

Различают два типа эмульсий: *прямые* (или первого рода) и *обратные* (или второго рода). В прямых эмульсиях диспергируется масляная фаза, водная остается непрерывной, сплошной. Их называют «масло в воде» и обозначают м-в. Например, молоко и сливки относятся к прямым эмульсиям. В обратных эмульсиях, наоборот, диспергируется водная фаза, а жировая основа остается непрерывной. Их называют «вода в масле» и обозначают в-м. Примером обратных эмульсий служат спреды. Некоторые условия могут привести к инверсии, при которой происходит переход одного типа эмульсий в другой [5].

Как правило, в эмульсиях и водная фаза, и масляная характеризуются многокомпонентностью и представляют собой сложные системы. Так, жировая основа сливочно-растительных спредов представляет собой смесь молочного жира, натуральных и модифицированных растительных масел. Водно-молочная фаза, определяющая в спредах органолептические свойства, может включать молочное сырье, вкусовые добавки, консерванты для повышения микробиологической стойкости, а в низкокалорийных спредах загустители и структурообразователи. Необходимым компонентом эмульсионных продуктов является эмульгатор.

Наиболее распространенными эмульгаторами для производства спредов являются моноацилглицерины. Их доля в общем потреблении пищевых эмульгаторов превышает 70 %. Кроме этого, хорошими эмульгирующими свойствами обладают фосфолипиды (фосфатидилхолин, фосфатидилсерин, диметилэтаноламин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидные кислоты и др.), благодаря тому, что их молекулы имеют дифильную природу. Эмульгирующие свойства характерны также для белков, молекулы которых включают гидрофобные и гидрофильные фрагменты [5].

Получение эмульсии прямого или обратного типа зависит от вида эмульгатора и способа его внесения. При получении эмульсии «масло в воде», масляную фазу постепенно добавляют к воде. Эмульгатор перед внесением растворяют в масляной фазе. Эмульсии типа «вода в масле» получают путем внесения водной фазы в масляную, в которой предварительно растворен эмульгатор. Это условие выполнимо только при внесении небольшого количества дисперсной фазы, в противном случае может произойти обращение фаз и расслоение эмульсии [5].

В спредах эмульгаторы выполняют следующие функции:

– обеспечивают стойкость эмульсии, благодаря эффективному воздействию на процесс диспергирования жира в плазме;

– управляют процессами кристаллизации жиров, т.е. влияют на модификацию полиморфной формы, размер и скорость роста кристаллов жира, обеспечивая, таким образом, улучшение сливочного вкуса и других свойств;

– повышают твёрдость и термоустойчивость спреда, участвуя в формировании его структуры;

– способствуют формированию однородной, пластичной консистенции продукта, устойчивой к замораживанию-оттаиванию за счёт образования в продукте структурных связей, которые легко восстанавливаются после разрушения;

– предотвращают выделение влаги и жидкого жира в монолите продукта, в процессе длительного хранения.

Общим эффектом присутствия эмульгаторов в эмульсионной пищевой системе является улучшение структуры готового продукта. Выбор вида и дозировки эмульгатора в каждом конкретном случае зависит от факторов, к которым относятся: соотношение молочных и растительных жиров; общее количество жира в продукте; количество эмульгатора в используемом заменителе молочного жира; особенности технологии и оборудования.

Спреды с пониженным содержанием жира, за исключение спредов очень низкой жирности, являются эмульсиями «вода в масле», массовая доля жира в которых составляет от 39 до 50 %. При изготовлении продуктов с пониженным содержанием жира необходимо соблюдать баланс между стабильностью эмульсии и органолептическими свойствами. Стабильность эмульсии и требуемые органолептические характеристики обеспечиваются путем использования соответствующей жировой основы и правильного сочетания эмульгирующих добавок [2, 3]. Тем не менее, при производстве спредов с пониженным содержанием жира, в которых дисперсная (водная) фаза по объему может превосходить непрерывную (жировую) фазу, возможны проблемы, связанные со стабильностью продукта, характеристиками его плавления и с восприятием вкуса [5]. В спредах с высоким содержанием жира молочные белки придают полноту вкуса продукту, а также действуют как гидрофильные стабилизаторы эмульсий типа масло-в-воде. Однако их использование в продуктах пониженной жирности, наряду с необходимостью значительных затрат энергии, может вызывать обращение фаз.

Эти проблемы можно преодолеть при правильном сочетании рецептур и методов обработки. Важными факторами при разработке рецептур спредов являются характеристики плавления жировой смеси, тип и дозировка эмульгатора, а также внесение в водную фазу полисахаридных загустителей. Возможно использование небольших количеств молочных сывороточных белков, что улучшает восприятие вкуса, а также позволяет снизить pH водной фазы, поскольку белки молочной сыворотки, в отличие от казеина, не осаждаются при низких значениях pH. Повышение кислотности, как известно, способствует увеличению сроков хранения. Продолжительность обработки, т. е. скорость выхода эмульсии из охладителя или его производительность, и температура продукта на выходе также оказывают значительное влияние на стабильность спреда[6].

Для повышения стабильности *высокожирных спредов* рекомендуется использовать дистиллированные моноглицериды жирных кислот пальмового и других масел с содержанием моноэфиров от 90 %, с йодным числом до 2 мг J_2 на 100 г и температурой плавления в диапазоне 65-72°С. Эти эмульгаторы легко дозируются и растворяются в растительном масле или любом другом виде жира. При правильно сконструированной жировой основе, для производства высокожирных спредов с расфасовкой в пачку или полимерный стаканчик, достаточно введение в рецептуру 0,1 % данного эмульгатора и 0,2 % лецитина.

При производстве спредов на линиях с пастеризацией эмульсии, можно рекомендовать использовать комплексный эмульгатор, представляющий из себя смесь моноглицеридов Е471 и лецитина. Присутствие лецитина в комплексном эмульгаторе дает возможность улучшить намазываемость и пластичность конечного продукта. Для производства спредов с массовой долей жира 60 % и менее, рекомендуется использовать дистиллированные моноглицериды (Е 471) с более высоким йодным числом (от 45 до 60 г J_2/100 г.) в дозировке от 0,2 до 0,4 % в комплексе с 0,2 % лецитина.

Рекомендуемая дозировка эмульгатора также может зависеть от типа оборудования, на котором производится спред. При использовании стандартных высокопроизводительных линий достаточно внесение в рецептуру от 0,2 до 0,3 % эмульгатора Е 471. Если на линии не предусмотрено качественное эмульгирование или гомогенизация эмульсии перед охлаждением, количество эмульгатора нужно увеличить до 0,4 %. Следует также иметь в виду, что введение молочных белков в рецептуру спреда является дестабилизирующим фактором. В этом случае, количество эмульгатора также может быть повышено. Этот вопрос очень важен при выработке спредов с введением большого количества сухого молока. При производстве таких комбинированных продуктов на молочных линиях количество дистиллированных моноглицеридов (Е 471) часто приходится доводить до 0,4-0,5 %.

При еще большем содержании воды в рецептуре спредов необходимо применять моно- и диглицериды с йодным числом от 80 мг J_2 на 100 г и температурой плавления 50°С и ниже. Лецитины в таких спредах не применяются, поскольку это может привести к обращению фаз и расслоению эмульсии. При получении спредов жирностью до 50 % на стандартных линиях достаточно применение (Е 471) с йодным числом от 80 до 105 г J_2/100 г. Следует учитывать, что спреды такой жирности без дополнительного использования стабилизаторов расфасовать в пачки фактически невозможно. Это связано с целым рядом физических законов и заменой эмульгатора не удается получить качественный продукт такой жирности с расфасовкой в пачку.

При производстве спредов жирностью 39 % количество водной фазы больше, чем жировой и одних моноглицеридов недостаточно для того, чтобы получить эмульсию обратного типа с хорошей пластичностью. Эмульгатор полирицинолеат полиглицерина (Е 476) хорошо работает при совместном введении с моноглицеридами, введение лишь его одного в рецептуру не дает требуемого результата. В этом случае рекомендуется использовать сочетание дистиллированных моноглицеридов (Е 471) в количестве 0,4-0,5% и 0,1-0,2 % полиглицерина полирицинолеата (Е 476). Введение данного комплексного эмульгатора в состав спреда позволяет получить очень стойкую эмульсию, не разрушающуюся даже при длительном нагреве.

Также при производстве спредов жирностью от 39 % возможно сочетание в рецептуре эмульгатора для жировой фазы и стабилизатора для водно-молочной. В качестве эмульгаторов используются дистиллированные моноглицериды в количестве 0,5-0,6 % и полиглицерина полирицинолеат в дозировке 0,3-0,4 %. В качестве стабилизатора водной фазы рекомендуется использовать пектин, инулин или другие полисахариды. Применение стабилизатора позволяет также сымитировать эффект более высокой жирности. Особенно это важно для спредов с массовой долей жира до 50 % и с небольшим количеством в рецептуре сухого молока (0,1-0,2%). Также введение в рецептуру пектинов позволяет усилить вкус ароматизатора в водно-молочной фазе.

При производстве высокожирных спредов и топленых смесей, предназначенных для жарки, рекомендуется использовать эмульгатор, представляющий из себя смесь моноглицеридов Е471 и специального лецитина Е322. Применение данного комплексного эмульгатора в количестве 0,3-0,4 % позволяет при жарке образовывать мелкоячеистую пену на жарочной поверхности, которая не дает топленой смеси разбрызгиваться и улучшает цвет корочки обжариваемого изделия. При производстве спредов для жарки жирностью 60% возможно введение в рецептуру более сильного эмульгатора Е479 (смесь моноглицеридов и

триглицеридов), в композиции с Е471 (моно- и диглицериды). Он способен уменьшить разбрызгиваемость спреда при жарке, даже при большом количестве воды в рецептуре.

При производстве высокожирных спредов в мелкой фасовке для использования в домашних условиях можно использовать сочетание эмульгаторов Е479 в количестве 0,5-2,0 % и Е492 (тристеарат сорбитана) в дозировке 0,1 %. Применение этих эмульгаторов позволяет получить устойчивую эмульсию типа «вода в масле» и предотвращает выделение жидкого масла из продукта при хранении. Кроме этого, тристеарат сорбитана (Е492) во всех видах спредов предотвращает порок мучнистости и крупинчатости.

Если спред используется для выпекания взбивных бисквитных изделий или для приготовления кондитерских кремов, необходимо введение в рецептуру специального эмульгатора, позволяющего захватывать при взбивании и удерживать воздух в массе теста или крема. Для этого в рецептуру спреда, наряду с дистиллированными моноглицеридами (Е471) в дозировке 0,2-0,3 %, необходимо внести эмульгатор - эфиры полиглицерина и жирных кислот (Е475) в количестве 0,3-0,5 %. Применение этих двух эмульгаторов в рецептуре спреда позволяет получать равномерную пористость в выпекаемых изделиях, удерживать жир при выпечке, не давать ему вытекать, а также увеличивается объем готовых изделий. Кондитерские кремы, приготовленные на таких спредах, имеют большой объем и высокую термоустойчивость. Варианты эмульгаторов и их композиций для спредов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Эмульгирующие системы, рекомендуемые для спредов

Статус	Описание	Область применения	Норма ввода, %
Е 471	Дистиллированные моноглицериды жирных кислот	Спреды различной жирности, для низкой жирности в сочетании с полиглицерина полирицинолеатом	Не ограничено
Е 471 Е 322	Дистиллированные моноглицериды жирных кислот и специальный лецитин	Спреды, предназначенные для жарки	Не ограничено
Е 476	Эфиры полиглицерина и рецинолевой кислоты	Спреды жирностью ниже 50 % в сочетании с дистиллированными моноглицеридами	0,4 (7,5 мг на 1 кг веса)
Е 475	Эфиры полиглицерина и жирных кислот	Спреды для взбивных изделий	1,3 (25 мг на 1 кг веса)
Е 492	Тристеарат сорбитана	Устранение "мучнистости" и крошливости в спредах	1,3 (25 мг на 1 кг веса)
Е 479в	Композиция моно- и диглицеридов с термически окисленным соевым маслом.	Спреды с м.д.ж. 60% жирности для жарки	1,4 (30 мг на 1 кг веса)
Е 471	Смесь моно- и триглицеридов	Устранение выделения жидкого масла из спреда.	1,3 (25 мг на 1 кг веса)
Е 472с	Смесь моноглицеридов и лимоннокислых эфиров моноглицеридов	Спреды, предназначенные для жарки	Не ограничено

Комплексный пищевой эмульгатор может содержать в своем составе фосфолипиды, которые обладают хорошими эмульгирующими свойствами, а также являются физиологически ценными ингредиентами, обладающими, в том числе, антиоксидантной активностью. При внесении данного эмульгатора в рецептуры спредов отмечено повышение окислительной стабильности.

Лецитины, используемые в рецептуре спредов, предназначенных для жарки улучшает их характеристики, в частности термостойкость. Внесение лецитина предотвращает

потемнение спреда при повторном нагревании и предотвращает разбрызгивание при жарке. Компоненты спреда, склонные к седиментации, например молочный казеин, обволакиваются тонким слоем лецитина, что предотвращает их пригорание. Также спреды, содержащие лецитин, не вспениваются при термической обработке.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно заключить, что при выборе конкретного эмульгатора следует учитывать все особенности пищевой эмульсии, для которой он предназначен. Предпочтение следует отдавать той пищевой добавке, чья совокупность технологических функций обеспечивает максимальный технологический эффект при сохранении пищевой ценности и органолептических свойств конечного продукта.

Наиболее эффективными для обеспечения стабильности эмульсии оказываются синергетические системы, состоящие из нескольких эмульгаторов. Несмотря на то, что разработка совершенно новых эмульгаторов довольно трудозатратна и связана с необходимостью длительной проверки, многообразие факторов, определяющих состав и свойства эмульсионных продуктов, указывает на то, что при создании новых видов продукции с комбинированной жировой фазой подбор оптимальных эмульгирующих систем, в том числе, состоящих из нескольких эмульгаторов, в дальнейшем будет являться предметом интенсивных научных исследований и технологических разработок.

Список литературы

1. Вышемирский, Ф. А. Производство масла из коровьего молока в России / Ф. А. Вышемирский. – СПб.: ГИОРД, 2010. – 288 с.

2. Основные критерии качества молочно-жировых эмульсионных продуктов/ А. С. Мамонтов, К. В. Старовойтова, Л. В. Терещук, М. А. Тарлюн // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 43. – № 4. – С. 36–42.

3. Пищевые эмульгаторы и их применение [Текст] / ред.: Дж. Хазенхюттль, Р. Гартел; пер. В. Д. Широков. – СПб. : Профессия, 2008. – 288 с.

4. Старовойтова, К. В. Перспективы отечественного производства микроингредиентов / К. В. Старовойтова, Л. В. Терещук // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 41. – № 2. – С. 77–83.

5. Старовойтова, К. В. Теория и практика применения поверхностно-активных веществ в производстве пищевых эмульсий [Текст]: монография / К. В. Старовойтова, Л. В. Терещук; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет). – Кемерово: КемТИПП, 2016. – 151 с.

6. Терещук, Л. В. Теоретические и практические аспекты создания молочно-жировых продуктов [Текст]: монография / Л. В. Терещук, К. В. Старовойтова; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет). – Кемерово: КемТИПП, 2015. – 197 с.

7. Топникова, Е. В. Продукты маслоделия: аспекты обеспечения качества [Текст]: монография / Е. В. Топникова. – М.: Издательство Россельхозакадемии, 2012. – 267 с.

8. Helmenstine, A. M. Emulsifier Definition - Emulsifying Agent What an Emulsifier Is in Chemistry Journal ThoughtCo. Available at: https://www.thoughtco.com/definition-of-emulsifier-or-emulsifying-agent (accessed June 12, 2017).

9. Tran, T. Spheroidal Fat Crystals: Structure Modification via Use of Emulsifiers / T. Tran, N. L. Green, D. Rousseau // Crystal Growth & Design. – 2015. – No. 15 (11). – P. 5406–5415. DOI: 10.1021/acs.cgd.5b01033.

10. Formulating Polyethylene Glycol as Supramolecular Emulsifiers for One-Step Double Emulsions / Z. Wang, J. Song, S. Zhang, X-Q Xu, Y. Wang // Langmuir. – ASAP (As Soon As Publishable). – 2017. DOI: 10.1021/acs.langmuir.7b02326.

УДК 637.344:60

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИОРИТЕТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕЛЬХОЗСЫРЬЯ – МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ – НА ПРИНЦИПАХ ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

А. Г. Храмцов
Институт Живых Систем,
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

Анализируя имеющуюся в нашем распоряжении информацию с глубиной поиска в 400 лет, а так же практические наблюдения с активными исследованиями за последние 50 лет, можно с достаточной степенью уверенности утверждать, что феномен молочной сыворотки – универсального сельскохозяйственного сырья (по академику Н.Н. Липатову) – состоялся [1, 2]. Промышленная обработка биотехнологической системы кластеров молочной сыворотки и рациональное использование полученной продукции является, в условиях рыночной экономики, важной, самостоятельной проблемой молочной отрасли пищевой индустрии АПК и может быть реализована на трех уровнях по нескольким направлениям. Кратко остановимся на каждом из них.

1. ПОЛУЧЕНИЕ ВСЕХ КОМПОНЕНТОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ В КОМПЛЕКСЕ.

Данное направление включает технологически три ассортиментных группы: напитки, сгущенные и сухие концентраты.

Напитки из и на основе молочной сыворотки насчитывают сотни наименований и имеют тенденцию к постоянному расширению. В обобщенном виде проблема была рассмотрена В.Е. Жидковым. Многолетняя практика выпуска напитков из молочной сыворотки на молочном комбинате «Ставропольский» на уровне 15 т/сутки «породила» шутку – «ради сыворотки питьевой делаем творог». К тому же следует заметить, что:

– сезоны получения молочной сыворотки и потребления напитков совпадают;
– биопотенциал подсырной сыворотки, по мнению известнейшего микробиолога А.В. Гудкова, пока не оценен и не использован;
– творожная сыворотка, как бы самой технологией получения предназначена для питья в плане освежения и тоника.

Нам представляется, что при правильно поставленной рекламе и достойном бренде, с современной упаковкой, напитки из и на основе молочной сыворотки, в том числе традиционного для нашей страны кваса, киселей и др., могут найти свою нишу, достойную ценности исходного, природой данного сырья. Системная проработка этого вопроса на современном уровне в КемТИПП – школа Л.А. Остроумова (А.Ю. Просеков, А.М. Попов, С.Г. Козлов, А.В. Крупин и др.) и ВГУИТ (Е.И. Мельникова) подтверждают эти положения. Поле деятельности по тематике бесконечно. Из зарубежных разработок можно привести пример «Ривеллы» (красная, синяя и зеленая), её история насчитывает более 50 лет и продолжает расширяться. Пока, к сожалению, вариант аналогичный «Кока-коле» и «Пепси-коле» не найден. Нано биотехнологический подход на уроне фрактальных воззрений может позволить решить эту проблематику кардинально.

Сгущенные концентраты молочной сыворотки известны и востребованы. Ассортимент включает альтернативу по сухим веществам (от 11 до 90% сухих веществ), деминерализованную и делактозированную; с наполнителями и производными детерминации лактозы, а также протеолизом сывороточных белков. Теоретически просится в жизнь технология концентрата для длительного хранения в сило-танках и перевозки в цистернах, а так же блочная с промежуточной влажностью. Оптимум пока не найден.

Сухие концентраты молочной сыворотки востребованы в последнее время, особенно с направленной деминерализацией, делактозированием, микропартикуляцией, окатыванием и гранулированием. Весь «молочный мир», в том числе в России, проявляет к этому продукту

повышенный интерес, что оправдано [3, 4]. Например, трестом «Южный сахар» на Кубани реализован инновационный проект по производству сухой деминерализованной сыворотки с централизованным ее завозом с сыродельных заводов (более 300т в сутки). Это была инициатива ген. директора Е.Н. Хворостина с творческим коллективом международной лаборатории при СевКавГТУ/СКФУ (проф. И.А. Евдокимов), чешской фирмой «МЕГА» (президент Л. Новак) и словацкой фирмой «ВЗДУХОТОРГ» (ген. директор П. Мертин). Продукт востребован. Имеются и другие позитивные примеры, которые могут быть тиражированы. Например, Гиагинский сыр завод в республике Адыгея (светлой памяти ген. директор Гусейнов С.У.), а также другие инноваторы молочной отрасли АПК России. Годовой объем сухой сыворотки превышает 100 тыс. тонн с ежегодным ростом до 30%. Можно утверждать, что при этом «отходы превращаются в доход», исключаются вопросы загрязнения окружающей среды и реализуется законченный технологический цикл на принципах Наилучших Доступных Технологий (НДТ). Проблема заключается в энергозатратах и объемах. Ее решение содержится в оригинальных разработках ООО «ВЗДУХОТОРГ» (Словакия, директор Павел Мертин) и ВНИМИ (школа академика РАН В.Д. Харитонова) с участием ООО «ДМП» (г. Ставрополь).

2. ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ.

Исходя из компонентного состава молочной сыворотки, логичным представляется получение их в виде продуктов, что достаточно хорошо отработано на практике. Исторически молочную сыворотку, особенно подсырную, от производства жирных белковых продуктов сепарируют для извлечения молочного жира в виде т. н. «подсырных сливок». Процесс отработан. Естественно до извлечения жира (процесс разделения) из сыворотки необходимо удалить т. н. «казеиновую пыль» – процесс осветления, что достигается отстоем, фильтрацией или центрифугированием в совмещенных пакетах тарелок сепаратора. Микрофильтрация и ультрафильтрация революционизировали процессы выделения «казеиновой пыли» и молочного жира из сыворотки.

Следующий компонент молочной сыворотки, логически привлекающий внимание практики, – комплекс сывороточных белков, минорные фракции которых насчитывают более 10 наименований и постоянно пополняются. Их извлечение в комплексе тепловой денатурацией, ультрафильтрацией, сорбцией-десорбцией и др. способами отработано и реализовано. Особый интерес представляет перспектива селектирования белков с получением отдельных фракций – альбуминов, лактоферрина, ангиогенина, L-карнитина и др. Альтернативным вариантом, возможно, будет являться совместное извлечение «казеиновой пыли», молочного жира и сывороточных белков в виде продукта «ЛипКА» (липиды – казеин – альбумин), разработанного в СКФУ.

Далее (по существующей иерархии технологии) следует извлечение лактозы в виде молочного сахара различных видов (сырец, пищевой, рафинированный – фармакопейный) и качества. Это главный компонент молочной сыворотки (лактозосодержащего сырья), проблематика которого рассмотрена на Саммите ММФ, а так же в специальной монографии «Лактоза и ее производные». Нам видится проект «ЭКОЛАКТ» по безреагентной технологии извлечения аномеров лактозы на принципах биотехнологии. После «развала» СССР в России производство лактозы практически было прекращено. В настоящее время по инициативе СКФУ (ректор А.А. Левитская) и молочного комбината «Ставропольский» (ген. директор С.В. Анисимов) в рамках Стратегического Партнерства ведется работа по организации производства пищевой и фармацевтической лактозы [5]. Остается только надежда, что молочная отрасль нашей державы обеспечит импорт замещение с перспективой экспорта, как это было ранее.

Что касается минерального комплекса, БАВ, в т. ч бактериального пула, и воды (ОВ!) молочной сыворотки, их извлечение в виде коммерческих продуктов, по нашему мнению, является перспективным и ждет своего решения. Особый интерес представляет биологически синтезированная вода молочной сыворотки, которая пока, в лучшем случае, рассматривается как техническая. Это же можно отнести к бактериоцинам (в 100л сыворотки

как в ЖКТ человека), витаминам, пептидам и аминокислотам. Поле для поиска и реализации бесконечно.

3. СИНТЕЗ ПРОИЗВОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ.

Пока это формирующееся направление известно под брендом лактулоза и биопроизводным (этанол, молочная кислота). В принципе, логистически, в соответствии с определением академика Н.Н. Липатова – «молочная сыворотка – универсальное сырье» она должна рассматриваться как идеальная композиция для биотрансформации в производные – углеводные и азотсодержащие. Именно на лактозе молочного сырья были синтезированы первые антибиотики, поставлены и решены проблемы лак-оперона, удостоинные Нобелевской премии. Следует помнить, что «Этюды оптимизма» И.И. Мечникова, в плане продления жизни человека, были связаны с «кислым молоком – молочным бродилом», т.е. с лактозой (ее брожением болгарской палочкой в йогурте).

Теоретически, в соответствии с принципами генной инженерии, возможен синтез производных компонентов молочной сыворотки на основе липидомики (молочного жира), протеомики (белки) и лактомики (лактозы). На практике, в настоящее время, отработаны процессы протеолиза сывороточных белков и детерминации аномеров лактозы. Например, академик РАН Ю.Я. Свириденко с сотрудниками (ВНИИМС) предлагает линейку гидролизатов сывороточных белков и глюкозо-галактозных сиропов. Отработан регламент получения лактулозы (СКФУ). Во ВГУИТ синтезированы фукоза и тагатоза. За рубежом уже давно известны «Санбол» и «Нормазе». Сделана попытка систематизации производных лактозы. Кроме гидролизатов лактозы и лактулозы ждут своей очереди лактитол, лактосахароза, галактоолигосахариды (ГОС) [6] и еще десятки необходимых и востребованных изомеров, бактериоцинов и биогенных элисторов. Отдельная проблематика – микропартикуляция белков молочной сыворотки в нанотрубки – «флейвор» молочного жира. Это настоящий прорыв нанотехнологий XXI века в тривиальной отрасли – молочное дело.

В целом проблема синтеза производных компонентов молочного сырья, в т.ч. из молочной сыворотки, ждет целенаправленной проработки и оптимального решения, применительно к условиям рыночной экономики и медико-биологических аспектов [7]. Именно здесь нужны инновации и возможны прорывы на уровне нано-, био-, мембранных и биомембранных технологий. Это относится к биочипам для ЭВМ и нанотрубкам из кластеров сывороточных белков. Молочная сыворотка является идеальной средой для жизнедеятельности пробиотиков и на этой парадигме возможен пересмотр всей концепции получения кисломолочных продуктов. Она же является исходным сырьем для синтеза пребиотиков, например, лактулозы. Естественно на основе молочной сыворотки возможна реализация принципов биотехнологии синбиотиков. В жизнь просится бренд «МиЛа» (минимум лактозы) и процесс «МИГ» – мутаротация, изомеризация, гидролиз с получением семейства углеводных модулей «Полилакт». В качестве примера для практической реализации, как продукт нового поколения – пребиотик, может быть рекомендован «Лактобел», а так же многочисленные оригинальные продукты – Цикола, Тодикамп-лакт и др., разработанные творческим коллективом академика РАН И.Ф. Горлова (Волгоград). На этой же теоретической предпосылке реализована оригинальная технология нового поколения кормовых добавок из молочной сыворотки – «БИКОДО», «БИКОДО+», Профилакт и др.

Для реализации первой составляющей – переработки по альтернативным направлениям и конкретным продуктам из молочной сыворотки, безусловно, необходим комплекс мероприятий по созданию мощностей, в т.ч. аппаратурному оформлению (отдельная проблема), кадровому обеспечению, маркетингу и менеджменту. Все эти вопросы требуют специального рассмотрения. В системном виде для обучающихся и профессионалов данная проблематика освещена в достаточно широком спектре публикаций издательствами КолосС, ДеЛи-принт, ГИОРД, Профессия и на региональном уровне (Ставрополь, Кузбасс, Воронеж, Волгоград, Новосибирск, Омск и др.). В портфеле проектов по информационному обеспечению проблемы видится серия статей в отраслевых журналах и брошюр (книг),

освещающих все аспекты переработки молочной сыворотки на современном этапе. Нужен спонсор для продвижения проектов в жизнь.

Таким образом, любое из трех направлений промышленной переработки молочной сыворотки позволяет реализовать Концепцию безотходной технологии по законченному технологическому циклу, что в принципе может являться основой МОДЕРНИЗАЦИИ МОЛОЧНОГО ДЕЛА в преддверии нового – ШЕСТОГО Технологического Уклада [8].

Изложенные выше положения полностью отвечают принципам Наилучших Доступных Технологий (НДТ), в части зафиксированных в перечне обязательных процедур справочника (ИТС НДТ) по напиткам, молоку и молочным продуктам – ПРОМЫШЛЕННАЯ ПЕРЕРАБОТКА МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ [9–11].

Список литературы

1. Храмцов, А. Г. Феномен молочной сыворотки / А. Г. Храмцов. – СПб.: Профессия, 2011. – 804 с.

2. Храмцов, А. Г. Новации молочной сыворотки / А. Г. Храмцов. – СПб.: Профессия, 2016. – 490 с.

3. Dispersion Medium on Functional Properties of the Proteins / A. A. Borisenko [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9(1). – P. 296–300.

4. The Effectiveness and Advantages of Sapropel in Feeding Steers / I. F. Gorlov [et al.] // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2018. – Vol. 9(1). – P. 583–585.

5. Возможность реализации стратегического партнёрства МК «Ставропольский» и СКФУ по комплексному федеральному проекту. «Лактоза+» в рамках национальной технологической инициативы / А. А. Левитская, А. Г. Храмцов, С. В. Анисимов, И. А. Евдокимов, Г. С. Анисимов // Вестник СКФУ. – 2017. – № 5. – С. 16–24.

6. New Approach for Lactose Transglycosylation into Galactooligosaccharides / I. F. Gorlov [et al.] // Pakistan Journal of Nutrition. – 2015. Vol. 14. – No. 11. – P. 822–827.

7. Influence of the whey type on composition and properites of its mineralizates / A. V. Blinov, A. A Blinova, A. G. Khramtsov, A. V. Serov // Foods and RAW materials. – 2017. – Vol. 5. – No. 1. – P. 30–40.

8. Храмцов, А. Г. Научные основы нового технологического уклада молочной промышленности / А. Г. Храмцов – LAP LAMBERT Academic Publishing RU, 2017. – 118 с.

9. Гревцов, О. В. Текущее состояние и перспективы внедрения НДТ / О. В. Гревцов, М. А. Волосатова // Молочная промышленность. – 2017. – № 10. – С. 27.

10. Перспективы перехода на принципы наилучших доступных технологий / А. А. Кузин [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 10. – С. 29.

11. Кузин, А. А. К вопросу внедрения наилучших доступных технологий / А. А. Кузин, В. А. Грунская // Переработка молока. – 2017. – № 11. – С. 22–25.

УДК 577.1:664.1

ПРОЦЕССЫ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ D-МАЛЬТОЗЫ В ЩЕЛОЧНЫХ ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ СРЕДАХ

И. С. Черепанов
Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

Процессы неферментативного окрашивания в системах на основе углеводов изучаются уже более ста лет, при этом ключевыми остаются вопросы структурообразования в ходе реакций и влияния внешних факторов на формирование продуктов карамелизации и меланоидинов. За последние годы закономерно возрос интерес к реализации «браун»-процессов в условиях активизации реакционных систем, в частности применения катализаторов и смешанных растворителей, позволяющих синтезировать как известные, так и новые продукты с важными для пищевой индустрии и агропромышленного комплекса свойствами [1], что, в совокупности с доступностью углеводной сырьевой базы, делает актуальными исследования по данной проблеме. Следует отметить, что смешанные фазы, в частности водно-спиртовые, как известно [2, 3], благоприятствуют реакциям неферментативного окрашивания. В связи с этим целью настоящего исследования являлось изучение динамики процессов формирования структуры продуктов деструкции мальтозы в смешанных водно-спиртовых средах и различных условиях термического воздействия.

Методы исследования. Использовались реактивы и растворители марок «ч» и «ч.д.а», эксперимент проводился термостатированием (80 °С) реакционных систем (0,002 моль мальтозы и $3 \cdot 10^{-4}$ моль NaOH в 20 мл смешанной системы этанол – вода 2:1) в колбах с обратным холодильником в течение заданного времени, после чего отбирались пробы (1 мл), которые разбавлялись (1:5), и снимались спектры поглощения в области длин волн 200–600 нм (спектрофотометр СФ-2000). По окончании измерений растворитель удалялся, твердые продукты промывались и высушивались, после чего снимались ИК-спектры в таблетках KBr (1:250, ИК-Фурье спектрометр ФСМ-2201). Также продукты карамелизации испытывались в условиях сухого термолиза (200 °С), проводился их элементный анализ (анализатор «Vario MICRO Cube»). Реакционные системы после окончания измерений подвергались диализу в течение 24 и 48 часов, диализы фотометрировались без разбавления этанолом.

Результаты и их обсуждение. Динамика формирования продуктов термодеструкции в смешанной водно-спиртовой фазе представлена на рис. 1: по мере увеличения продолжительности нагревания оптическая плотность закономерно растет, свидетельствуя об ускорении «браун»-процесса во времени.

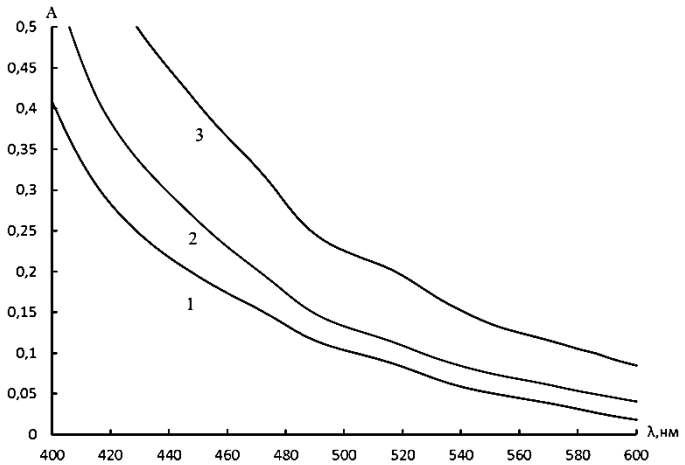


Рисунок 1 – Электронные спектры реакционных систем, термостатированных в течение 0,5 ч (1), 1 ч (2) и 1,5 ч (3)

Характер спектров, в частности области непрерывного поглощения до 480 нм, а также слабые инфлексии на участке 500–540 нм, остается практически постоянным в ходе термостатирования, что свидетельствует о неизменности механизма формирования структуры окрашенных продуктов в процессе измерения. О близости формирующихся структурных элементов свидетельствует и характер ИК-спектров выделенных по окончании измерений твердых карамелей (рис. 2).

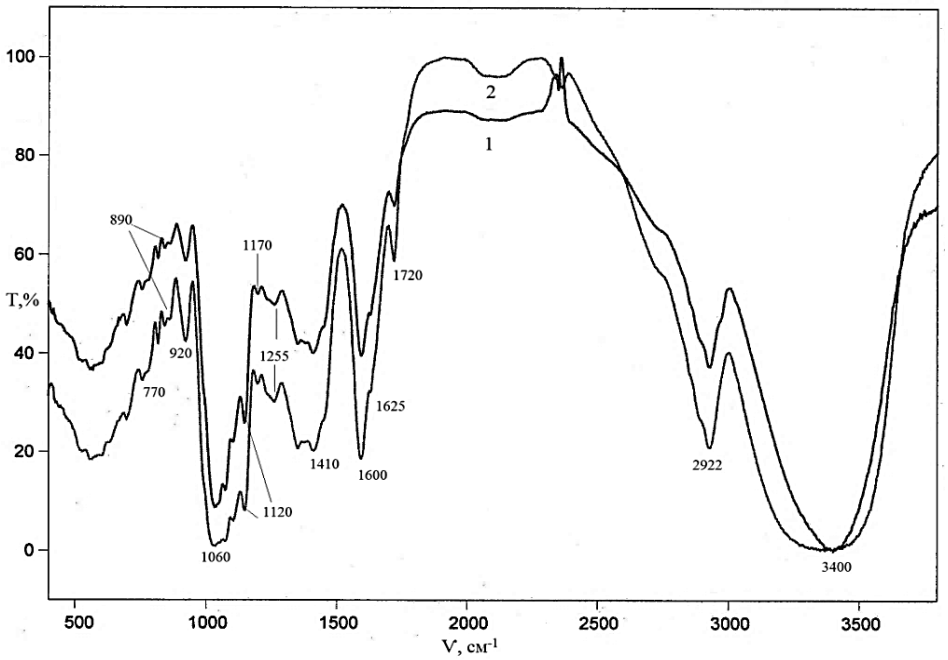
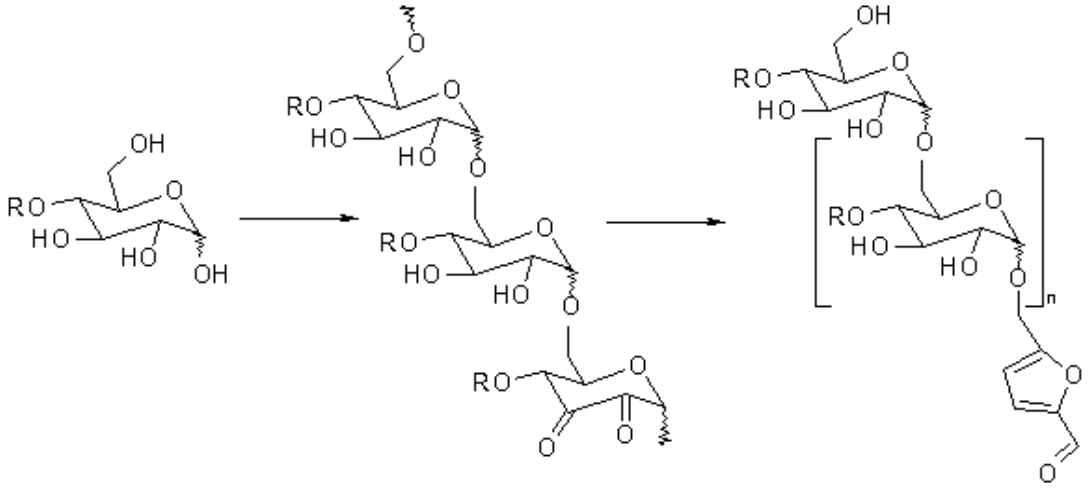


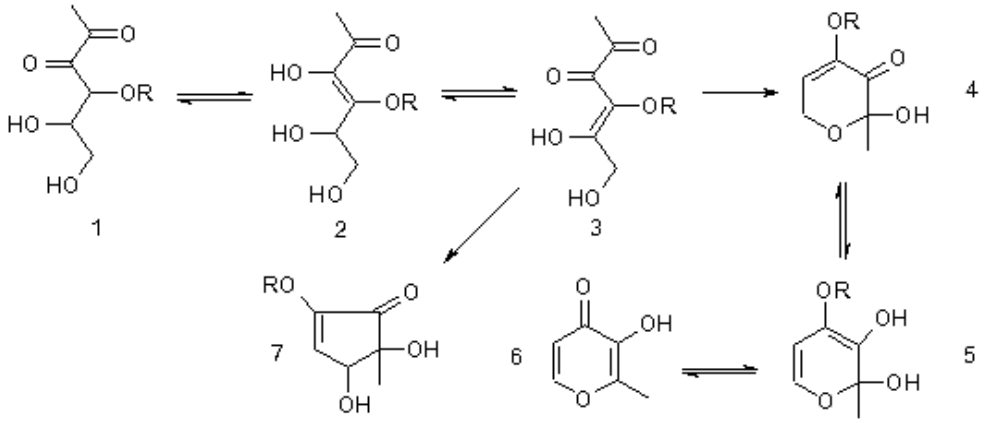
Рисунок 2 – ИК-спектры продуктов, выделенных из реакционных систем, термостатированных в течение 1 ч (1) и 1,5 ч (2)

Полосы полгощения в спектрах показывают наличие полиметиленовых звеньев в структуре (2922, 1410 см$^{-1}$), а также кратных углерод-углеродных (1600, 1625 см$^{-1}$) и С=О-функций (1720 см$^{-1}$). Кроме того, отдельно следует отметить полосы, связанные с различными видами колебаний С-О-С-фрагментов и углеводных колец (1060, 920, 770 см$^{-1}$); наличие нескольких пиков в области 1010–1090 см$^{-1}$ свидетельствует о пиранозной форме гликозидных остатков [4]. Характеристики спектров близки к данным, полученным авторами [5, 6] для карамелизованных структур, представляемых как комбинации углеводных колец, в том числе частично окисленных [5]:

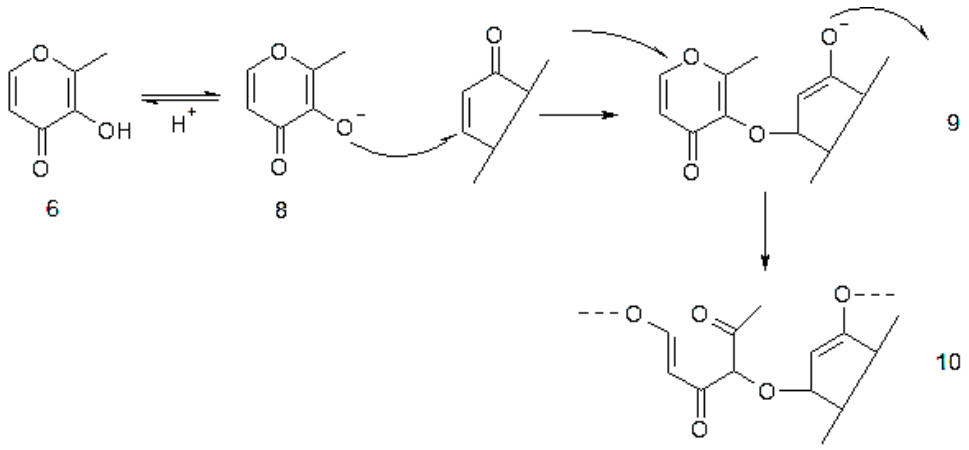


В то же время отношения интенсивностей сигналов отличаются от таковых для полигликозированных структур, в частности отмечается более высокие соотношения $\nu_{C=O}/\nu_{C=C}$ и $\nu_{C=C}/\nu_{C-H}$, характеризующие непредельность структуры продуктов [7], при этом фурановые фрагменты в их составе надежно не идентифицируются [8]. В связи с этим можно предположить, что часть структуры «браун»-продуктов формируется по механизму, отличному от неселективного полигликозирования.

Одной из причин, обусловливающих гетероструктурность выделенных из водно-спиртовых систем продуктов, является присутствие в реакционной смеси щелочи в концентрации, делающей возможной енолизацию, но недостаточной для перегруппировок и активного распада C_6-редуктонов [3, 9]. Наиболее верятной в этом случае представляется известная схема, согласно которой первично обазующийся ациклический 1-дезоксозон (1) через ряд енольных форм (2, 3) циклизуется в енольные формы производных β-пиронов (4, 5) с последующей изомеризацией в мальтол (6), возможна также циклизация в производные циклопентана (7):



Мальтол и родственные структуры неоднократно описаны как продукты реакции неферментативного окрашивания, в том числе деструкции мальтозы [10], при этом растворимость замещенных β- и γ-пиронов в двойной системе этанол – вода растет с увеличением содержания спирта до 80 % [11], в связи с чем можно предположить их последующее участие в процессах образования окрашенных продуктов. Характер «карбонильной» области (рис. 2) и отношение $\nu_{C=O}/\nu_{C=C}$ полученных продуктов оказываются аналогичными спектрам β-дикарбонильных соединений; формирование подобных фрагментов в структуре возможно в щелочных средах с участием енольных форм пиронов (8) [12]:



Образовавшиеся продукты присоединения (9) способны к дальнейшим превращениям, в том числе с раскрытием цикла [12], при этом образуются дикарбонильные производные (10).

Диализаты реакционных систем, полученные через 24 и 48 часов, показывают сплошное поглощение (рис. 3) как в ультрафиолетовой, так и в видимой частях спектра. Сравнивая значения оптической плотности (рис. 1, 3) можно предположить, что существенная часть окрашенных веществ, образующихся в ходе изучаемых реакций, представляет собой вещества невысокой молекулярной массы.

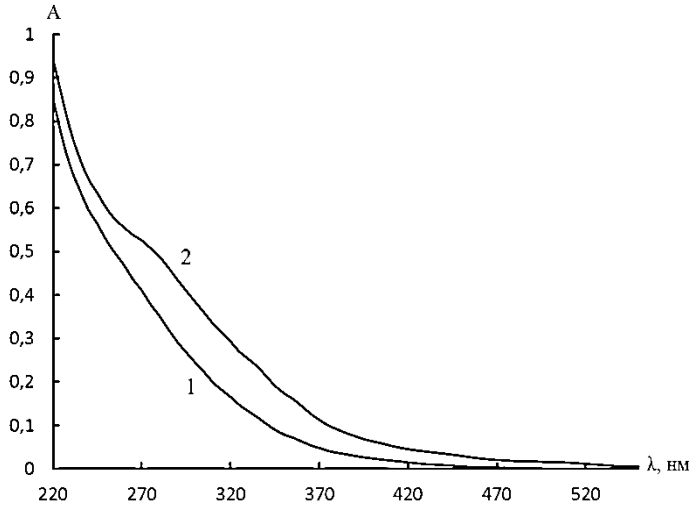


Рисунок 3 – Электронные спектры диализатов реакционных систем, Полученных в течение 24 ч (1) и 48 ч (2)

Недиализуемый твердый продукт имеет ИК-спектр (рис. 4), аналогичный таковому для карамелей, идентифицированных авторами работ [5, 6] как полигликозиды с различной степенью трансформации углеводных колец (см. выше); данные элементного анализа также свидетельствуют в пользу подобной структуры (С, %: 51,4; Н, %: 5,6). Таким образом, можно прийти к выводу о формировании в процессе карамелизации смешанной структуры «браун»-продуктов, образующейся как минимум по двум независимым путям: механизму гликозирования с трансформацией углеводных колец и механизму присоединения-конденсации.

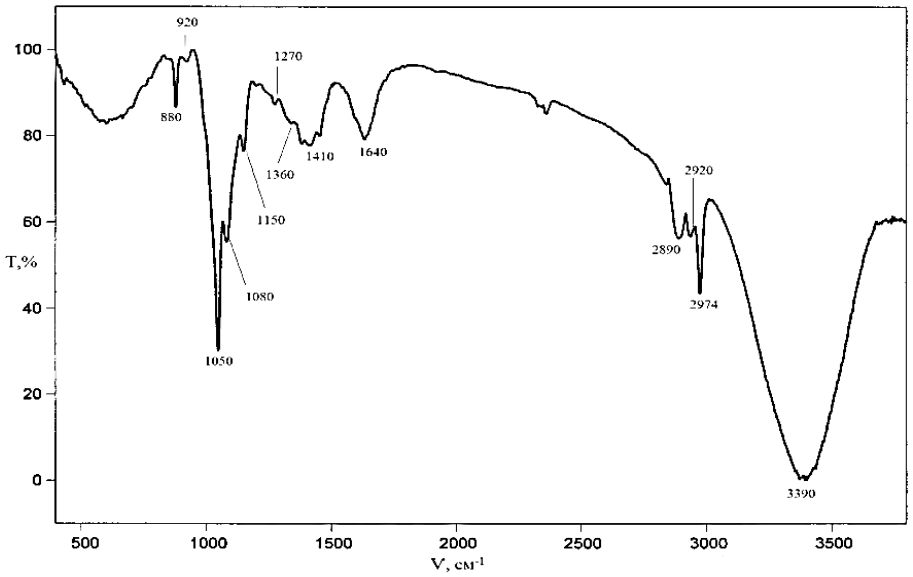


Рисунок 4 – ИК-спектр твердого недиализуемого продукта, выделенного из реакционной системы после 48 ч диализа

Термолиз продуктов карамелизации позволил выявить возможные дальнейшие процессы превращения структуры карамелей. ИК-спектры продуктов термолиза (рис. 5) показывают появление концевых метильных групп (2950 см$^{-1}$), увеличение соотношения $\nu_{C=O}/\nu_{C=C}$ при выдержке 0,5 часа с последующим резким снижением.

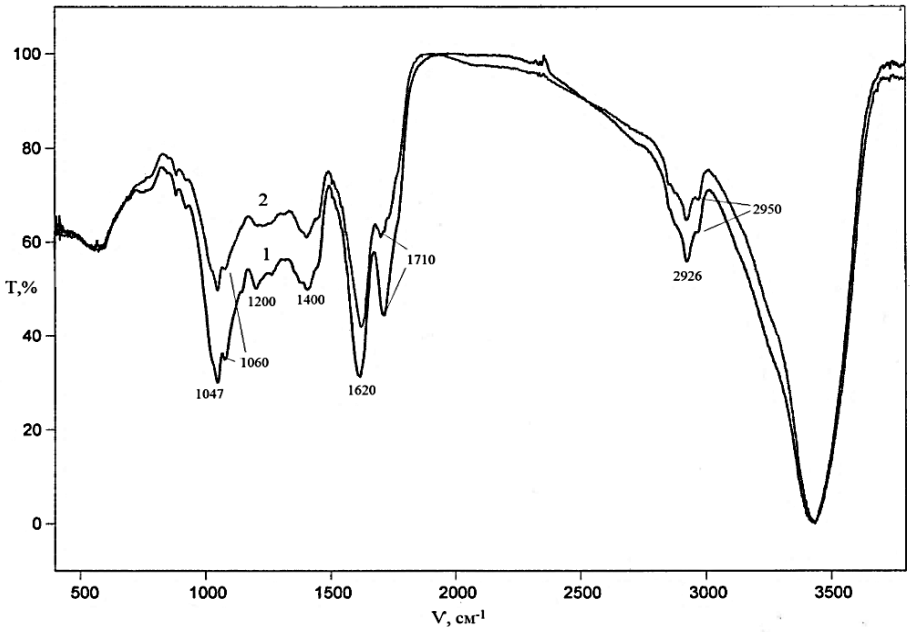


Рисунок 5 – ИК-спектры продуктов сухого термолиза, термостатированных в течение 0,5 ч (1) и 1 ч (2)

Такое изменение можно связать с образованием карбонильных функций на начальных этапах термолиза вследствие трансформации гликозидных колец, колебания которых не фиксируются в спектрах, с последующим формированием полимерной структуры, на фоне которой карбонильные сигналы проявляются слабее [1]. Кроме того, отсутствие полос поглощения в интервале 1120–1170 см$^{-1}$, характерного для циклических форм сахаров [4], свидетельствует о практически полном превращении углеводных фрагментов в условиях термолиза.

Заключение. Химическая технология биологически активных веществ и пищевых продуктов нуждается в надежной теоретической базе, определяющей вектор развития промышленности, при этом доступные сырьевые источники, в частности углеводы, являются дополнительным стимулом разработки методов синтеза новых целевых продуктов. Мальтоза – менее изученный углевод, нежели глюкоза, фруктоза и сахароза, но в последние годы интерес к этому дисахариду и его потенциальным возможностям только возрастает. Процессы термодеструкции углеводов широко используются при получении антиоксидантов, углеродных нанослоев и других важных объектов, в связи с чем важным представляется установление механизмов их протекания в совокупности с идентификацией фрагментов формирующейся при этом структуры. Полученные нами данные показывают возможность получения карамелей на основе мальтозы в мягких температурных условиях, обеспечиваемых смешанными средами, растворимость низкомолекулярных продуктов карамелизации в которых часто выше, чем в воде. Состав и структура выделяемых в выбранных условиях продуктов близки к известным в технологии сахаров, при этом в одной гомогенной системе возможно образование нескольких типов продуктов, которые могут быть достаточно легко разделены. Предлагаемые методики характеризуются достаточной воспроизводимостью, дальнейшее направление исследований в данной области перспективно в части технологических разработок, которые позволят увеличить выходы целевых продуктов и масштабировать методики синтеза.

Список литературы

1. Setianingsih, T. The effect of caramelization and carbonization temperatures toward structural properties of mesoporous carbon from fructose with zinc borosilicate activator / T. Setianingsih, I. Kartiani, Y. Arryanto // Indonesian Journal of Chemistry. – 2014. – Vol. 14, № 1. – P. 253–261.

2. Formation of a novel colored product during the Maillard reaction of D-glucose / T. Knerr [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – Vol. 49, № 11. – P. 1966–1970.

3. Черепанов, И. С. Формирование структуры продуктов реакции неферментативного окрашивания D-лактозы в присутствии *п*-толуидина в щелочных водно-этанольных средах / И. С. Черепанов // Ползуновский вестник. – 2017. – № 2. – С. 90–94.

4. Синтез гликоконъюгатов физиологически активных веществ / Д. В. Бессонов [и др.] // Журнал прикладной химии. – 2007. – Т. 80, № 3. – С. 510–512.

5. Golon, A. Unraveling the chemical composition of caramels / A. Golon, N. Kuhnert // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2012. – Vol. 60, № 22. – P. 3266–3274.

6. Golon, A. Characterization of «caramel-type» thermal decomposition products of selected monosaccharides including fructose, mannose, galactose, arabinose and ribose by advanced electrospray ionization mass spectrometry methods / A. Golon, N. Kuhnert // Food & Function. – 2013. – Vol. 4, № 10. – P. 1040–1050.

7. Combined micro-Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy and micro-Raman spectroscopy of Proterozoic acritarchs: A new approach in Palaeobiology / C. P. Marshall [et al.] // Precambrian Research. – 2005. – Vol. 138, № 1. – P. 208–224.

8. Elucidation of the chemical structure and determination of production conditions for a bioactive Maillard reaction product, [5-(5,6-dihydro-4H-pyridin-3-ylidenemethyl)furan-2-yl]methanol, isolated from a glucose-lysine heated mixture / X.-M. Chen [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2015. – Vol. 63, № 10. – P. 1739–1746.

9. De Bruijn, J. M. Alkaline degradation of monosaccharides. Part VII. Mechanistic picture / J. M. de Bruijn, A. K. B. Kieboom, H. van Bekkum // Starch. – 1987. – Vol. 39, № 1. – P. 23–28.

10. Maltol, a Maillard reaction product, exerts antitumor efficacy in H22 tumor-bearing mice via improving immune function and inducing apoptosis / W. Li [et al.] // RSC Advances. – 2015. – Vol. 123, № 5. – P. 101850–101859.

11. Solubility of ethyl maltol in aqueous ethanol mixtures / B.-S. Liu [et al.] // Journal of Chemical & Engineering Data. 2008. – Vol. 53, № 11. – P. 2712–2714.

12. Saghaie, L. Synthesis, analysis and cytotoxic evaluation of some hydroxypyridinone derivatives on HeLa and K562 cell lines / L. Saghaie, H. Sadeghi, M. Ashaehshoar // Research in Pharmaceutical Sciences. – 2013. – Vol. 8, № 3. – P. 185–195.

УДК 577.112:637.5

ВЫЯВЛЕНИЕ МАРКЕРОВ АГРЕГАЦИИ БЕЛКОВ В МЯСНОМ СЫРЬЕ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

И. М. Чернуха*, Л. И. Ковалев**, Н. Г. Машенцева*, М. А. Ковалева**, Н. Л. Вострикова*
*Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, г. Москва, Россия
**Федеральный научный центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, г. Москва, Россия

Аннотация. В работе исследовано влияние протеаз животного и растительного происхождения, а также стартовых культур на образование агрегатов белков в мясном сырье и мясной продукции. По результатам протеомного исследования в мясном сырье выявлено образование агрегатов изоформы 2 белка 1, содержащего четыре с половиной LIM домена при воздействии протеаз животного происхождения (пепсина и трипсина). Такой же эффект зарегистрирован при хранении сырья в вакуумной упаковке, усиливающийся после вскрытия упаковки и доступа свободного кислорода воздуха на фоне естественного автолиза. Кроме этого, в последних образцах появились агрегаты фрагментов, в основном смешанного типа: мышечной креатинфосфокиназы и глутатион-S-трансферазы, актина и перилипина, и кератина II типа.

При использовании стартовых культур применение *Pediococcus pentosaceus* 31 ВКПМ-8901 вызывает образование агрегатов миоглобина и тропонина I. В образцах мясной продукции детектировались агрегаты белков сои (глицинина G1 и глицинина A3B4) на фоне автолитического процесса и при использовании холестертнснижающих стартовых культур. Соответствующие типы протеаз, при использовании которых возникают агрегаты белков, могут быть менее эффективны для тендеризации мясного сырья и мясной продукции, а идентифицированные белки могут быть соответствующими биомаркерами качества.

I. ВВЕДЕНИЕ

Агрегация белков мяса – это взаимодействие денатурированных молекул белка, в результате которого образуются межмолекулярные связи, как прочные, например, дисульфидные, так и многочисленные слабые. Следствием агрегирования белковых молекул является образование более крупных частиц. Агрегацию белков в мясе можно наблюдать чаще всего в результате его тепловой денатурации при термической обработке или во время автолиза на стадии его посмертного окоченения.

Белки, подвергшиеся денатурации, а затем и агрегации, обычно хуже растворяются, утрачивают биологические свойства. Посмертное окоченение мяса также обуславливает изменения, способствующие большому межмолекулярному взаимодействию белков – их агрегации.

С другой стороны, размягчение тканей и увеличение нежности мяса под действием протеолитических ферментов в значительной мере связано с ослаблением агрегационных взаимодействий белков и их протеолитическим распадом [1]. Действуя на разные субстратные фрагменты, протеолитические ферменты, в том числе и собственные ферменты мяса, оказывают существенное влияние на структуру белковых компонентов. Это вносит определенный вклад в диссоциацию образовавшихся белковых агрегатов, ведет к появлению свободных сульфгидрильных групп и частичному восстановлению свойств мышечной ткани, утраченных в процессе денатурации или посмертного окоченения. В результате действия ферментов на белки мясо приобретает нежность, сочность, выраженный вкус и аромат.

Montowska M. et al. [2] показали, что обработка мяса трипсином в сочетании с СВЧ-стимуляцией способствует быстрому и эффективному восстановлению пептидных маркеров мясных продуктов. Сначала мясо было подвергнуто термообработке, в результате которой была установлена значительная агрегация белков. Далее образцы анализировали с использованием тандемной масс-спектрометрии для обнаружения специфичных пептидных

маркеров. Было установлено, что обработка термообработанного продукта трипсином в течение одного часа приводит к восстановлению структуры искомых пептидных маркеров, которые легко идентифицируются известными способами.

Созревание мяса влияет на его вкус, нежность, водосвязывающую способность (ВСС), цвет и сочность. Детальное исследование биохимических процессов, происходящих в ходе созревания мяса, улучшает понимание их развития. Мониторинг этих процессов позволяет выявить биомаркеры качества мясных продуктов [3]. В работе [1], было исследовано изменение протеома мышечного экссудата в течение нормального периода созревания мяса в течение семи дней у генетически схожих свиней из одной популяции с одинаковыми характеристиками качества мяса. Было обнаружено, что некоторые качественные показатели мяса значительно изменились в процессе автолиза, особенно на поздней стадии созревания. Например, с 3-го по 7-й день значительно повысилась нежность мяса, цветовой параметр CIE b* мышц также изменился по сравнению с периодом посмертного окоченения, и изменились потери при варке. Эти данные иллюстрируют структурные изменения, происходящие в мышцах свиней в процессе их созревания, что значительно отразилось на их протеомных профилях. Были идентифицированы три ключевых группы белков (стрессовые белки, метаболические ферменты и структурные белки), которые подверглись значительным изменениям в период созревания мяса. Протеолиз, безусловно, играет важную роль в фрагментации белков, например, энолазы, титина. Другая заметная особенность заключалась в том, что количество белков, связанных со стрессом, уменьшилось. Мониторинг этих изменений обычно осуществляется с использованием миофибриллярных или саркоплазматических протеомных фракций. Эти наблюдения в более доступном субстрате, то есть в мышечном экссудате, позволили дополнить предыдущие исследования, например, что винкулин коррелирует с ВСС, а пероксиредоксин-6 с нежностью мяса. Такие белковые биомаркеры обладают потенциалом для мониторинга качества свежего мяса и прогнозирование хода автолиза.

Формирование необходимой консистенции мясного сырья, а именно нежности и сочности, во многом связано также с уровнем O_2 в тканях: высокий уровень кислорода обуславливает межмолекулярное перекрестное связывание белков [5, 6] и образование их агрегатов.

Полученные в исследовании [7] результаты показали формирование белковых агрегатов, которые состоят из тяжелых цепей миозина в исследуемой мышечной ткани, упакованной в содержащую кислород атмосферу. Эти агрегаты являются результатом сшивки белков и могут уменьшать нежность мяса. Формирование этих белковых полимеров связано не только с видом упаковки, но и со способом упаковывания. Более заметные агрегаты образовались при хранении мышц *biceps femoris* по сравнению с *longissimus lumborum* и при использовании упаковки в модифицированной газовой среде (МГС), а не вакууме. Объяснение этому факту может быть разный: метаболизм анализируемых мышц из-за различий в глубине посмертного гликолиза, характеристики мышечных волокон и их гликолитических и окислительных свойств.

Как показано одномерным, в присутствии додецил сульфата натрия, и диагональным электрофорезом, подтвержденными иммуноблоттингом при использовании различных видов упаковок, существует окислительное сшивание тяжелых цепей миозина в мясе, упакованном в МГС с высоким содержанием кислорода. Агрегаты тяжелых цепей миозина выявлены и в других вариантах упаковок (МГС и вакуум+МГС), что предположительно связано с высокой концентрацией кислорода в них, что, в свою очередь, влияет на окисление белков и, как следствие, вызывает связывание миозина за счет его полимеразации [7, 8]. Все эти результаты зафиксированы для семейства тяжелых цепей миозина (ТЦМ) мясного сырья. Такая агрегация ТЦМ происходит при жесткой обработке при температуре 190 °С, а также обнаруживается в готовых продуктах [2].

Образование агрегатов может быть связано не только с окислительным эффектом, но и с параллельным процессом протеолиза. В работе представлены результаты идентификации

с помощью протеомных технологий ряда агрегатов белков другого генеза, обусловленных как протеолитическими, так и окислительными процессами.

II. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе были исследованы образцы *m. longissimus dorsi* бычков (Bos Taurus) до и после обработки препаратами протеолитических ферментов животного и растительного происхождения и ряда стартовых культур. Образцы цельной мышцы 500 г инъецировались растворами протеаз в количестве 5 мл на 50 г мясного сырья и выдерживались в течение 40 мин при 30 °С для препаратов трипсина и пепсина, 30 мин для папаина и бромелайна. При использовании стартовых культур образец выдерживался 9 суток в условиях вакуума при +11 °С.

В качестве протеаз использовались препараты 1,5 % раствора свиного пепсина и говяжьего трипсина (Himedia, Индия, 10000 NFU/mg и 2000 U/g соответственно), 0,5% раствора папаина и бромелайна (Sigma, США, 1,1 U/mg solid и 2370 U/g prot. соответственно). Суспензии стартовых культур *Pediococcus pentosaceus* 31 (ВКПМ-8901), *Pediococcus acidilactici* 38 (ВКПМ-8902), *Lactobacillus sakei* 105 (ВКПМ-8905), *Lactobacillus curvatus* 2 (ВКПМ-8906) использовались в концентрации 10^9 КОЕ/мл (концентрация клеток определена с помощью стандарта мутности МакФарланда).

Вторая серия экспериментов была проведена на образцах сыровяленой колбасы: контроль (без внесения стартовых культур), опыт 1 (с внесением стартовых культур из коллекции микроорганизмов Московского государственного университета пищевых производств) и опыт 2 (с внесением стартовых культур Bactoferm SM 194 Chr. Hansen, Дания – *Pediococcus pentosaceus, Staphylococcus carnosus, Staphylococcus xylosus, Lactobacillus sakei* и *Debaryomyce shansenii*). Опытная выработка сырокопченых колбас проводилась на предприятии-производителе халяльной мясной продукции в Московской области. В рецептуру колбас входили говядина высший сорт, говядина 1 сорт, конина 1 сорт, соевые гранулы, жир говяжий наружный, клетчатка+краситель, соль нитритная, специи.

Для третьей серии экспериментов скелетные мышцы бычков Bos Taurus (*m. longissimus dorsi*) 30 минут после убоя выделяли из туши и упаковывали под вакуумом в индивидуальные пакеты, которые хранились при ±2 °С 2, 4 и 7 суток до момента исследования. После вскрытия пакеты хранились в тех же условиях еще 3 суток.

Фракционирование белков двумерным электрофорезом, окрашивание, компьютерная денситометрия и масс-спектрометрическая идентификация проводились, как описано ранее [9,10]. Идентификация белков выполнена при финансовой поддержке МОН РФ на базе ЦКП Промышленные биотехнологии – идентификатор работ: RFMEFI62114X0002.

III. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выбранные нами ферментные препараты широко применяются в мясной отрасли. Например, Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (American Food and Drug Administration) Министерства здравоохранения и социальных служб официально признало безопасными (Generally Recognized as Safe (GRAS)) и пригодными к применению в мясной промышленности пять экзогенных ферментов – папаин, бромелайн, фицин, протеазы *Aspergillus oryzae* и *Bacillus subtilis* [11]. В этой связи тем более интересны возможные образования комплексов, потенциально обусловливающие ограничения применения экзопротеаз ввиду снижения эффективности воздействия на мясной субстрат.

При обработке скелетной мышцы бычков животными протеазами (трипсином и пепсином) при окрашивании азотнокислым серебром было выявлено наличие в щелочной зоне градиента pH трека белка (показан в овале на Рис. 1, приведен как пример 2ДЭ скелетной мышцы после обработки трипсином), перекрывающего диапазон масс от 15 до 100 кДа. При окрашивании CBB R-250 он не выявлялся. Разница в чувствительности между методами окрашивания оценивается в 100 раз, что показывает вовлеченность в образование

незначительного количества данного белка. С целью идентификации были взяты фрагменты геля из этого трека, как в верхней, так и нижней зоне. Во всех случаях идентифицировался белок 1 изоформа 2, содержащий четыре с половиной LIM домена, ген *FHL1*. Его мономерная форма также была идентифицирована в этом треке, полностью соответствовала своим физико-химическим параметрам (молекулярной массе и pI) и содержала более 90% белкового материала трека.

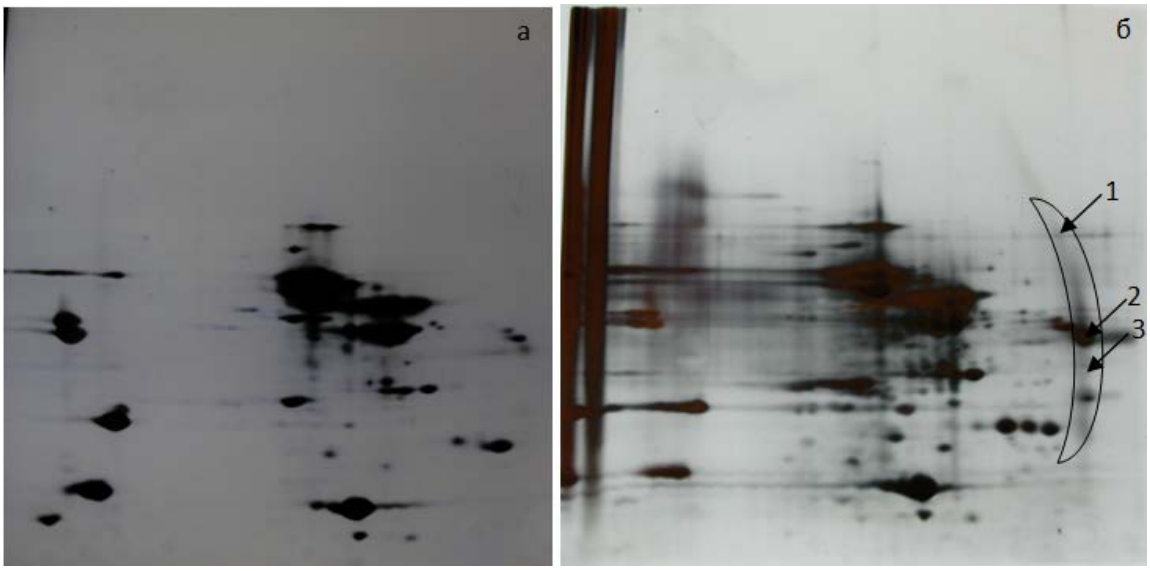


Рисунок 1 – Двумерные электрофореграммы образцов ткани скелетной мышцы бычков Bos taurus: а – контроль; б – обработка трипсином. Окрашивание азотнокислым серебром. Стрелкой обозначена мономерная форма, овалом – трек белка 1 изоформы 2

Аминокислотная последовательность данного белка не превышает по массе 32 кДа, а наблюдаемая в треке последовательность была значительно шире по диапазону. Т.е. при протеолитической обработке этот белок, очевидно, частично образует разные агрегаты, формирующие характерный электрофоретический трек, что является весьма необычным явлением. Аналогичный трек данного белка был обнаружен и при исследовании эффекта хранения скелетной мышцы Bos taurus в вакуумной упаковке к 4 суткам хранения, что обуславливалось уже естественными автолитическими процессами. К 7 суткам трек начал уменьшаться в количестве вследствие его дальнейшего распада. При хранении этих образцов в условиях доступа кислорода (после вскрытия вакуумной упаковки в течение 3 суток) выражено усилился процесс образование трека этого белка, что подтверждает участие в его образовании, как протеолитических ферментов, так и свободного кислорода.

Здесь может быть следующее объяснение образования такого трека: в исходном сырье животные протеазы активно действуют в местах их инъецирования, и этап образования агрегатов просто не фиксируется. Но одним из этапов действия протеаз является вырезание блока одноименных молекул, которые последовательно отщепляются, образуя трек со снижением по массе. Это происходит только тогда, когда они действуют в более отдаленных участках мясного сырья и при более низких концентрациях протеаз, что и позволяет детектировать этот момент. При использовании растительных протеаз такой эффект не был зарегистрирован, что может быть обусловлено большей адаптированностью их pH оптимумов к условиям мясного сырья. Воздействие бромелайна приводило к появлению пяти высокомолекулярных фракций фрагментов тяжелых цепей миозина с молекулярными массами от 170, 150, 60 и 44 КДа, соответственно.

Таким образом, бромелайн воздействует на мясные белки до образования полипептидов с высокой молекулярной массой, некоторое количество коротких пептидов и

небольшое количество свободных аминокислот. Бромелйн отличается низким сродством к актомиозину. Полученные данные согласуются, в частности, с результатами Daniela Istrati с коллегами [4].

Второй пример образования агрегатов белков был идентифицирован при применении стартовых культур (Рис.2), и только в одном из 4 случаев (стартовая культура *Pediococcus pentosaceus* 31 ВКПМ-8901), где были обнаружены высокомолекулярные агрегаты белков (160–200 кДа), которые по результатам идентификации оказались миоглобином и тропонином I (Табл. 1). Молекулярная масса их субъединиц не превышает 21,5 кДа, их мономеры представлены на 2ДЭ в большом количестве. Но регистрировались и фракции (на уровне до 3% от мономерных форм) с намного большей массой.

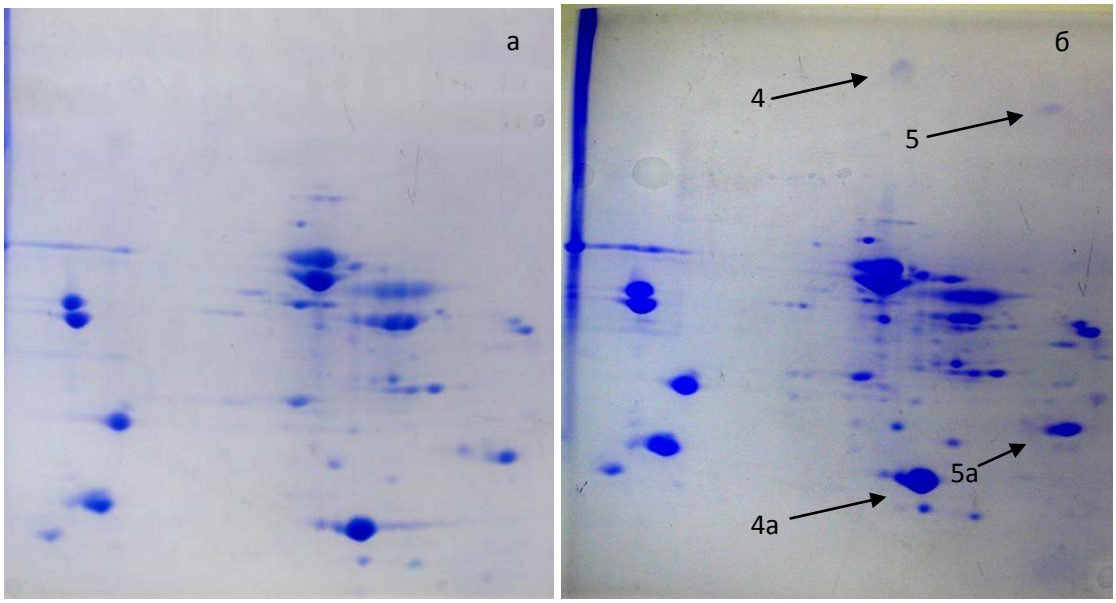


Рисунок 2 – Двумерные электрофореграммы образцов ткани скелетной мышцы бычков Bos taurus: а – контроль; б – обработка *Pediococcus pentosaceus* 31 ВКПМ-8901. Окрашивание CBB R-250. Стрелками обозначены агрегаты белков, а стрелками с буквами – их мономерные формы

При исследовании эффекта хранения скелетной мышцы Bos taurus в вакуумной упаковке также были обнаружены агрегаты и других белков. Появились агрегаты фрагментов, но в основном смешанного типа: мышечной креатинфосфокиназы и глутатион-S-трансферазы, актина и перилипина и кератина II типа (Рис. 3).

Их образование также можно объяснить тем, что на фоне пониженной концентрации кислорода и при наличии естественного автолиза процесс формирования агрегатов через блоковое вырезание из надмолекулярных структур осуществляется медленнее, что и фиксируется на электрофореграммах.

Третий случай образования агрегатов (Рис. 4) был обнаружен в образцах мясной продукции (сыровяленой колбасы со стартовыми культурами МГУПП). В двух из них были выявлены агрегаты белков сои, которые использовались в рецептуре мясного продукта. В контрольном образце (без добавления стартовых культур) присутствовали два агрегата фрагментов глицинина G1, в образце с добавлением стартовых культур МГУПП идентифицированы те же фрагменты, кроме того появился агрегат глицинина A3B4. В третьем агрегаты не были выявлены. Этот результат показывает, что формирование агрегатов происходит и с растительными белками при использовании некоторых типов протеаз в присутствии кислорода.

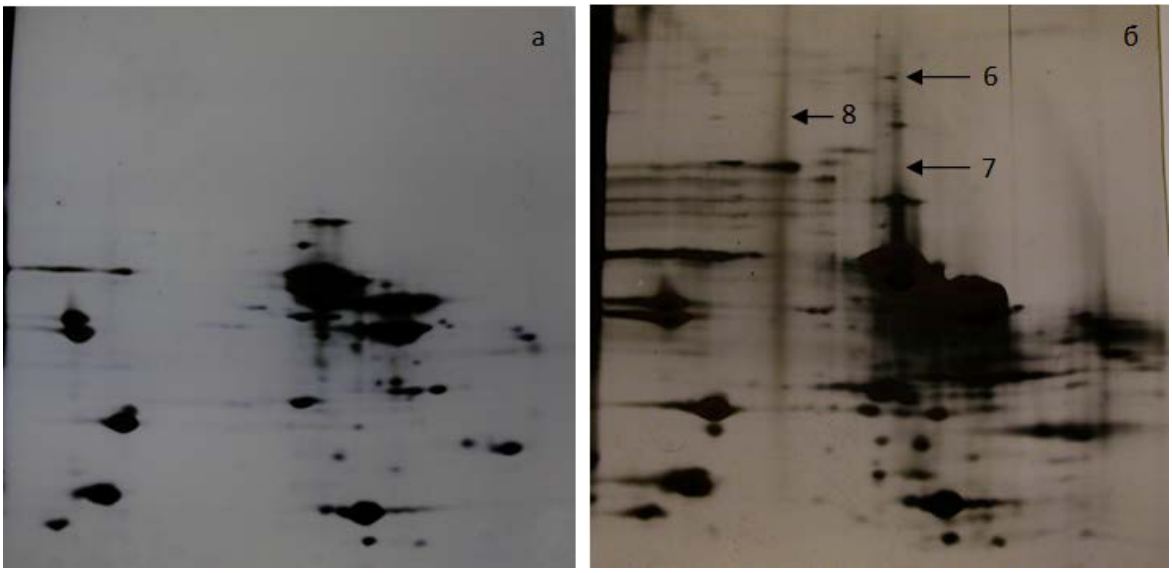


Рисунок 3 – Двумерные электрофореграммы белков скелетной мышцы говядины при хранении в вакуумной упаковке: а – контроль; б – 7 суток хранение. Окраска азотнокислым серебром

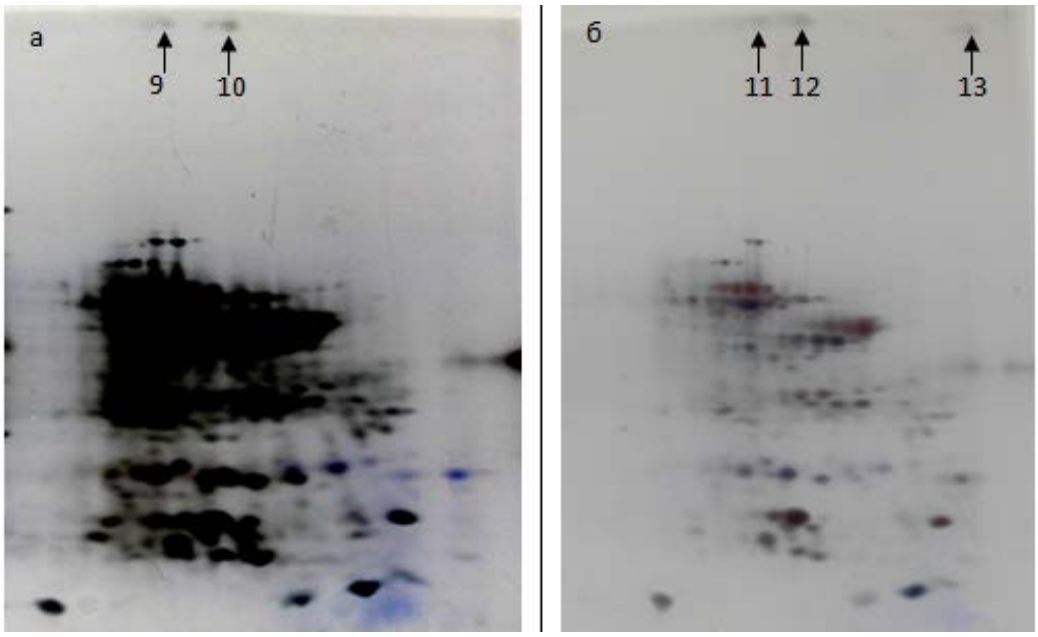


Рисунок 4 – Фрагменты 2ДЭ белков сыровяленых колбас с обнаруженными агрегатами белков: а – контроль, б – опыт 1. Окраска азотнокислым серебром

Таблица 1 – Результаты масс-спектрометрической идентификации (MALDI-TOF MS и MS/MS) фракций агрегатов белков

№	Наименование белка (*символ гена*)	Номера в Protein NCBI	S/M/C *	Мм/pI (эксп.)**	Мм/pI (расчет.)**
1	Агрегат фрагментов (60–278 а.п.) изоформы 2 белка 1, содержащего 4 с половиной LIM домена (*FHL1*)***(2)	NP 001106730.1	138/4/15	60,0/8,20	31,9/8,76
2	Изоформа 2 белка 1, содержащего 4 с половиной LIM домена (*FHL1*)	NP 001106730.1	120/26/63	31,0/40	31,9/8,76

Продолжение таблицы 1

3	Агрегат фрагментов (60–278 а.п.) изоформы 2 белка 1, содержащего 4 с половиной LIM домена (*FHL1*)***(1)	NP 001106730.1	95/5/20	24,0/8,50	31,9/8,76
4	Агрегат миоглобина; myoglobin (*MB*)***(2)	NP 776306.1	159/14/75	200,0/7,30	17,1/6,90
5	Агрегат быстрого скелетномышечного тропонина I (*TNNI2*)	XP 00503574.1	129/17/48	160,0/8,20	21,4/8,88
6	Агрегат мышечной креатинкиназы и глутатион-S-трансферазы P (*GSTP1*)	AAD30974.1 NP 803482.1	150/14/43 88/7/60	180,0/6,70	43,0/6,63 23,6/6,89
7	Агрегат фрагментов скелетномышеч-ного альфа актина (*ACTA1*) и С-конца перилипина-4 (*LOC510990*)***(1)	AAI34666.1 XP 015327565.1	189/17/54 177/9/14	67,0/6,80	42,0/5,23 102,1/5,97
8	Агрегат фрагментов кератина II типа	OO220327.3	51/6/11	160,0/5,40	66,0/8,16
9	Агрегат фрагмента 324–493 глицинина G1 *[Glycine soja]* (*GY1*)	KHN10744.1	159/14/37	300,0/6,70	55,8/5,95
10	Агрегат фрагмента 324–493 глицинина G1; Glycinin G1 *[Glycine soja]* (*GY1*)	KHN10744.1	159/13/34	300,0/7,30	55,8/5,95
11	Агрегат фрагмента 322–492 глицинина G1; Glycinin G1 *[Glycine soja]* (*GY1*)	KHN10744.1	153/12/29	300,0/6,70	55,8/5,95
12	Агрегат фрагмента 324-436 глицинина G1 *[Glycine soja]* (*GY1*)***(1)	KHN10744.1	129/5/15	300,0/7,30	55,8/5,95
13	Агрегат фрагмента 375–503 глицинина G1 [Glycine max] (*Gly A3B4*)***(1)	BAA19059.1	135/6/17	280,0/9.20	58,2/5,46

* S / M/ C – традиционные показатели идентификации, принятые в англоязычной литературе: **S**core – показатель соответствия или «счет очков»; **M**atch peptides – количество совпавших пептидов; **C**overage – % покрытия полной аминокислотной последовательности белка выявленными пептидами.

** Мм/pI (эксп.) – полученные оценки по результатам электрофоретической подвижности на ДЭ, а Мм/pI (расчет.) – расчетные оценки, сделанные из данных об аминокислотной последовательности с учетом удаления сигнального пептида, но без учета других постсинтетических модификаций с помощью программы ExPASy Compute pI/Mw tool.

***msms – указание на подтверждающую идентификацию с помощью тандемной масс-спектрометрии, в скобках указано количество секвенированных триптических пептидов.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, полученные результаты показали, что агрегаты белков в мясном сырье образуются при воздействии только определенных типов протеаз, и этот эффект усиливается в присутствие свободного кислорода. Воздействие идет по нескольким видам белков мясного сырья, а в мясной продукции – и на белки растительного происхождения (соевые белки). Процесс затрагивает незначительный процент некоторых белков, которые на одномерном электорофорезе могут не обнаруживаться в силу малого количества, и все эти белки имеют достаточно щелочные значения pI, что не позволяет их детектировать при использовании

иммобилизованных градиентов pH. Только применение иммобилинового неравновесного варианта ИЭФ позволило их обнаружить.

Учитывая ранние исследования, например [8, 12], можно предположить, что образование поперечных связей /агрегации мышечных белков и, в первую очередь миозина, способствует снижению влагоудерживающей способности, сочности и нежности мяса и увеличению нежелательного флейвора. Ухудшение процесса тендеризации мяса под действием протеаз в присутствии кислорода на ранних этапах протеолиза также может быть связано с отрицательным воздействием полимеризации белков на активность μ-кальпаина [8].

Возможно, что те протеазы, при использовании которых детектируются агрегаты белков, менее эффективны для тендеризации мясного сырья и формирования нежности и сочности мясной продукции.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (Проект № 16-16-10073).

Список литературы

1. Monitoring post mortem changes in porcine muscle through 2-D DIGE proteome analysis of longissimus muscle exudate / Di Luca A., Elia G., Mullen A.M., Hamill R.M. // Proteome Sci. – 2013. – Vol. 11. – P. 9. DOI: 10.1186/1477-5956-11-9.
2. Montowska, M. Processed Meat Protein and Heat-Stable Peptide Marker Identification Using Microwave-Assisted Tryptic Digestion / M. Montowska, E. Pospiech // Food Technol. Biotechnol. – 2016. – Vol. 54. – No. 4. – P. 482–488.
3. Zamaratskaia, G. Proteomics in meat science – current status and future perspective // G. Zamaratskaia, S. Li // Theory and Practice of Meat Processing. – 2017. – No. 1. – P. 18–26. DOI: 10.21323/2414-438X-2017-2-1-18-26.
4. Istrati, D. Influence of post-mortem treatment with proteolytic enzymes on tenderness of beef muscle / D. Istrati, C. Vizireanu, R. Dinica // Journal of Agroalimentary Processes and Technologies. – 2012. – Vol. 18 (1). – P. 70–77.
5. Chemical oxidation decreases proteolytic susceptibility of skeletal muscle myofibrillar proteins / M. Morzel, P. Gatellier, T. Sayd, M. Renerre, E. Laville // Meat Science. – 2006. – Vol. 73. – No. 3. – P. 536–543.
6. High-oxygen packaging atmosphere influences protein oxidation and tenderness of porcine longissimus dorsi during chill storage / M. N. Lund, R. Lametsch, M. S. Hviid, O. N. Jensen, L. H. Skibsted // Meat Science. – 2007. – Vol. 77. – P. 295–303.
7. The effect of the packaging system and storage time on myofibrillar protein degradation and oxidation process in relation to beef tenderness / M. Moczkowska, A. Półtorak, M. Montowska, E. Pospiech, A. Wierzbicka // Meat Science. – 2017. – Vol. 130. – P. 7–15.
8. High-oxygen modified atmosphere packaging system induces lipid and myoglobin oxidation and protein polymerization / Y. H. Kim, E. Huff-Lonergan, J. G. Sebranek, S. M. Lonergan // Meat Science. – 2010. – Vol. 85. – P. 759–767.
9. Протеомное изучение белков в образцах свинины и выработаных из нее мясных продуктах / Л. И. Ковалев [и др.] // Теория и практика переработки мяса. – 2013. – № 3. – С. 32–34.
10. Enzyme immunoassay and proteomic characterization of troponin I as a marker of mammalian muscle compounds in raw meat and some meat products / E. A. Zvereva [et al.] // Meat Science. – 2015. – Vol. 105. – P. 46–52.
11. Generally Recognized as Safe (GRAS). Fda.gov. Retrieved 2013-03-17.
12. Lin, C. Effects of high oxygen packaging on tenderness and water holding capacity of pork through protein oxidation / Lin Chen, Guang-hong Zhou, Wan-gang Zhang // Food and Bioprocess Technology. – 2015. – Vol. 8. – Issue 11. – P. 2287–2297. DOI: 10.1007/s11947-015-1566-0.

УДК 641:613.2

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВТОРИЧНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ИСТОЧНИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ

Е. В. Аверьянова, М. Н. Школьникова
Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Бийск, Россия

Согласно данным экспертов, производство функциональных продуктов питания (ФПП) в настоящее время является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей пищевой промышленности, и к 2020 г функциональное питание составит до 60 % от общего объема валового производства пищевых продуктов. При этом особая роль отводится функциональным пищевым ингредиентам, источником которых, как правило, является натуральное растительное, в том числе плодово-ягодное сырье.

В этом аспекте Алтайский край имеет неоспоримое преимущество, так как обладает высоким сырьевым потенциалом, благодаря неуклонному росту площадей под промышленные сады и валовому производству плодов и ягод: так, в 2008 г собрано 5,2 тыс. т, в 2013–12,5 тыс. тонн, а в 2016 г уже 18,0 тыс. тонн (без учета урожая дикорастущих ягод) [1, 2]. Пищевая и перерабатывающая промышленность Алтайского края является одной из ведущих и социально значимых отраслей экономики региона и насчитывает свыше 1900 предприятий всех форм собственности, из которых 43 занимаются переработкой плодово-ягодного сырья.

Однако, как показывает практика, ресурсы плодово-ягодного сырья из-за низкой глубины переработки используются недостаточно со значительными потерями в виде отходов и побочных продуктов (от 8 % до 45 %), что в масштабах Алтайского края составляет порядка 1248,5 тонн в год [3, 4]. Поэтому одним из направлений оптимизации переработки плодово-ягодной продукции в регионе является разработка технологических процессов комплексной конверсии плодово-ягодного сырья и вторичных сырьевых ресурсов на основе следующих направлений: углубления переработки сырья, использования вторичных ресурсов и отходов производства с целью получения биологически активных веществ и функциональных пищевых ингредиентов; технического переоснащения и/или дооснащения; совершенствования технологии изготовления продуктов питания, в том числе функционального назначения; расширения их ассортимента и повышения качества [5].

Актуальность разработки продуктов питания функционального назначения и полуфабрикатов для их производства (в том числе из вторичных сырьевых ресурсов) подтверждаются государственной программой обеспечения населения продуктами для здорового питания «Основы государственной политики в области здорового населения Российской Федерации на период до 2020 г» и «Комплексной программой развития биотехнологии до 2020 г».

Важнейшей тенденцией в решении сырьевой проблемы в пищевой промышленности принято считать минимизацию потерь при получении целевых продуктов путем вовлечения в производственный процесс вторичных сырьевых ресурсов. В применении к плодово-ягодному сырью, используемому для получения различных пищевых продуктов и БАД к пище, – такими отходами, как правило, являются выжимки, представленные жомом и шротом. Выжимки – весьма ценное вторичное сырье, содержащее большое количество БАВ – пищевые волокна, полифенольный комплекс, витамины и др., что позволяет использовать их для разработки пищевых продуктов питания, в том числе новых видов и функционального назначения [6].

Особенностью утилизации выжимок ягод является то, что дробление, термическая и прочая обработка сырья уменьшают или полностью уничтожают его устойчивость к воздействию микроорганизмов. Выжимки быстро загнивают, плесневеют или забраживают.

Поэтому для получения дополнительной продукции высокого качества, образовавшиеся жомы необходимо либо сразу направлять на получение целевых продуктов либо высушивать в мягких условиях до влажности не более 10–11 % в случае длительного хранения.

В ходе экспериментальных исследований нами были изучены вторичные сырьевые ресурсы восьми видов плодово-ягодного сырья (районы Алтайского края) – выжимки, полученные после экстрагирования подготовленных ягод, и отделенные от жидкой фазы в закрытом нутч-фильтре.

В ходе органолептической оценки выжимок установлено, что все образцы являются сыпучими продуктами, фотографии которых представлены на рис. 1.

Рисунок 1 – Внешний вид выжимок

По результатам органолептического анализа каждый образец обладал индивидуальными характеристиками – цвет всех образцов выжимок яркоокрашенный, соответствующий цвету ягод, выжимки обладают характерным запахом и вкусом. В составе выжимок всех образцов ягод, помимо жома в виде мелких частиц, обнаружено некоторое количество косточек. При визуальном осмотре посторонние примеси не обнаружены. Окраска выжимок, характерная цвету исходного сырья и обусловлена наличием в ягодах природных колорантов – антоцианов.

Изучение химического состава выжимок необходимо для оценки возможности использования этого вида сырья в качестве ингредиента в производстве продуктов питания. В результате проведенных экспериментальных исследований нами определено содержание органических кислот, редуцирующих сахаров, пектиновых веществ и полифенолов. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Органические кислоты, присутствующие в выжимках, наряду с кислым вкусом, обладают бактерицидными свойствами и играют важную роль в хранении как плодово-ягодного сырья, так и полученных из него пищевых продуктов. Как видно из табличных данных, в исследуемых образцах выжимок содержание органических кислот колеблется от 1,3 % в выжимках аронии черноплодной до 5,4 % в выжимках вишни обыкновенной.

Редуцирующие сахара выжимок представлены, в основном, моносахаридами – фруктозой и глюкозой, содержание которых в исследуемом сырье составляет от 2,6 % в выжимках клюквы болотной до 4,7 % в выжимках аронии черноплодной и смородины красной; также достаточно высоким содержанием сахаров отличаются выжимки черники обыкновенной (4,3 %), и рябины обыкновенной (4,1 %).

Таблица 1 – Химический состав выжимок плодово-ягодного сырья (n=3, M±m)

Вид сырья (ВСР)	Массовая доля, %			
	органических кислот, в пересчете на яблочную	редуцирующих сахаров	пектиновых веществ (протопектин)	полифенолов (антоцианов)
Арония черноплодная *Arónia melanocárpa*	1,3±0,1	4,7±0,1	1,35±0,04	1,250±0,005
Брусника обыкновенная *Vaccínium vítis-idaéa*	3,5±0,1	3,2±0,1	1,80±0,04	0,504±0,005
Вишня обыкновенная *Prúnus cerásus*	5,4±0,1	2,9±0,1	0,34±0,04	0,223±0,005
Жимолость обыкновенная *Lonicera xylosteum*	3,4±0,1	2,8±0,1	1,23±0,04	0,843±0,005
Клюква болотная *Vaccinium oxycoccos*	4,0±0,1	2,6±0,1	0,15±0,04	0,260±0,005
Рябина обыкновенная *Sórbus aucupária*	2,0±0,1	4,1±0,1	2,24±0,04	0,028±0,005
Смородина красная *Ríbes rubrum*	2,7±0,1	4,7±0,1	0,33±0,04	0,082±0,005
Черника обыкновенная *Vaccínium myrtíllus*	2,4±0,1	4,3±0,1	0,51±0,04	4,033±0,005

Известно, что сладкий вкус плодов и ягод, а также продуктов их переработки в некоторой степени усиливают полифенольные вещества, делая его вяжущим [7]. По данным таблицы 1, содержание полифенольных веществ в исследуемом сырье различно и колеблется от 0,028 % в выжимках рябины обыкновенной до 4,033 % в выжимках черники, являющиеся сырьем для получения природных пищевых красителей.

Пектиновые вещества являются биополимерами углеводной природы; они не усваиваются организмом человека, однако их физиологическая роль велика: пектин благоприятен в лечении различных желудочных заболеваний и нормализует микрофлору кишечника; не создает энергетического запаса в организме и выводит холестерин; а главное, пектин способен образовывать нерастворимые комплексы с токсичными и радиоактивными металлами и выводить их из организма, что ставит его в ряд функциональных пищевых ингредиентов [8]. В производстве продуктов питания пектин является структурообразующей добавкой, способной не только образовывать гели и выступать в качестве стабилизатора эмульсий, но и в отсутствии эмульгатора сам проявлять эмульгирующие свойства. Анализируя данные таблицы 1, можно сделать вывод, что содержание пектиновых веществ в изучаемом сырье достаточно велико и колеблется от 0,33 % в выжимках смородины красной до 2,24 % в выжимках рябины обыкновенной, что хорошо согласуется с опубликованными экспериментальными данными [9].

К технологическим свойствам экстрагируемого плодово-ягодного сырья относят: насыпную плотность, средний размер частиц, коэффициент поглощения сырьем экстрагента, степень набухания сырья и др. В ходе экспериментальных исследований определены технологические показатели выжимок восьми видов плодово-ягодного сырья (таблица 2).

Насыпная плотность характеризует отношение массы порошкообразных материалов ко всему занимаемому ими объему, включая и пространства между частицами, поэтому насыпная плотность гораздо меньше, чем истинная. Этот показатель необходим для определения объема экстрактора и выбора дозаторов.

Насыпная плотность зависит от истинной плотности сырья и степени измельчения и находится в узком диапазоне значений от 0,37 г/см^3 для жимолости обыкновенной до 0,47 г/см^3 для брусники обыкновенной. Полученные коэффициенты поглощения сырьем экстрагента составляют от 1,26–1,52 см^3/г, находятся в прямой зависимости от степени набухания и сопоставимы с литературными данными [10].

Таблица 2 – Технологические показатели выжимок исследуемого плодово-ягодного сырья (n=3, M±m)

Вид сырья	Насыпная плотность, г/см^3	Средний размер частиц, мм	Коэффициент поглощения сырьем экстрагента, см^3/г	Степень набухания сырья
Арония черноплодная *Arónia melanocárpa*	0,41±0,02	0,32	1,34±0,15	0,56±0,05
Брусника обыкновенная *Vaccínium vítis-idaéa*	0,47±0,02	0,35	1,48±0,15	0,61±0,05
Вишня обыкновенная *Prúnus cerásus*	0,43±0,02	0,22	1,31±0,10	0,55±0,05
Жимолость обыкновенная *Lonicera xylosteum*	0,37±0,02	0,38	1,52±0,12	0,63±0,05
Клюква болотная *Vaccinium oxycoccos*	0,44±0,02	0,33	1,39±0,15	0,58±0,05
Рябина обыкновенная *Sórbus aucupária*	0,38±0,02	0,31	1,26±0,10	0,53±0,05
Смородина красная *Ríbes rubrum*	0,43±0,02	0,30	1,52±0,10	0,63±0,05
Черника обыкновенная *Vaccínium myrtíllus*	0,40±0,02	0,36	1,52±0,15	0,62±0,05

Согласно полученным данным можно сделать вывод, что значения технологических показателей выжимок ягод находятся в достаточно узком диапазоне, что позволяет использовать для переработки плодово-ягодного сырья одно и тоже основное и вспомогательное оборудование

В результате проведенных исследований проанализированы химический состав, технологические свойства и органолептические показатели выжимок, являющихся побочным продуктом переработки плодово-ягодного сырья, традиционного для Алтайского края. Показано, что выжимки являются ценным сырьем для промышленного производства функциональных пищевых продуктов так как содержит в своем составе пектин и полифенолы, представляющие интерес в качестве ФПИ и полуфабрикатов при производстве продуктов питания.

Список литературы

1. Хабаров, С. Н. Научное обеспечение сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Алтайского края / С. Н. Хабаров, В. Г. Шелепов // Пища. Экология.

Качество: Труды IX Международной научно-практической конференции, г. Краснообск, 11-12 сентября 2012 г. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – С. 3–7.

2. Аналитическая информация о развитии отраслей Управления Алтайского края по пищевой, перерабатывающей, фармацевтической промышленности и биотехнологиям [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ffprom22.ru/industry/.

3. Информация Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ «Сведения об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы), систематизированные по видам отходов и классам опасности отходов для окружающей среды» за 2013–2015 г.г.: электронный ресурс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/opendata/.

4. Михайлов, А. В. Образование и переработка отходов пищевой промышленности в Алтайском крае / А. В. Михайлов, Н. Я. Тейхреб // Ползуновский вестник, 2015. – № 2. – С. 59–63.

5. Филонов, А. В. Современное состояние и перспективные направления использования вторичных материальных ресурсов пищевой промышленности / А. В. Филонов, М. А. Крампит, В. О. Романенко // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 5. – С. 215–219.

6. Максимов, И. В. Местные источники сырья – в расширении ассортимента продуктов питания / И. В. Максимов, Г. Г. Соколенко, Е. С. Молчанова // International Journal of Experimental Education. – 2014. – № 3. – С. 140.

7. Аверьянова, Е. В. Исследование химического состава плодово-ягодного сырья и вторичных сырьевых ресурсов в качестве источника функциональных пищевых ингредиентов // Е. В. Аверьянова, Д. А. Наумова, М. Н. Школьникова // Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента / Сиб. гос. индустр. ун-т. – Кемерово; Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2016. – С. 124–127.

8. Запрометов, М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях / М. Н. Запрометов. – М.: Наука, 1993. – 273 с.

9. Brouns, F. Cholesterollowering properties of different pectin types in mildly hyper-cholesterolemic men and women / F. Brouns [et al.] // European Journal of Clinical Nutrition. – 2012. – Vol. 66. – Issue 5. – P. 591–599.

10. Выявление предпосылок комплексной переработки плодово-ягодного сырья Сибирского региона / Т. Ф. Киселева, И. С. Зайцева, Д. Б. Пеков, Н. В. Бабий // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 3. – С. 25–30.

УДК 663.443

РАЗРАБОТКА СПОСОБА АКТИВАЦИИ АМИЛОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ

Т. Н. Борисенко
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

В настоящее время в пивоваренной промышленности широко используют ферментные препараты. Они стали хорошими помощниками пивоваров. Биокатализаторы применяют для интенсификации гидролиза биополимеров при затирании, для ускорения сбраживания сусла, для снижения содержания в пиве диацетила и повышения стабильности готового продукта [1]. Высокая эффективность применения ферментных препаратов бесспорна, и они востребованы на современном рынке. Однако стоимость данного вспомогательного сырья достаточно высока, поэтому актуальна разработка способов активации препаратов, которые позволяют сократить их расход.

Ферменты – катализаторы белковой природы, каталитические функции которых зависят от пространственной структуры молекулы белка [2]. Известно, что меняя конформацию молекулы, можно влиять на каталитическую активность ферментов. Конформационные преобразования возможны под действием температуры, различных видов излучений, электрических полей и химических реагентов. Обработка биокатализаторов в выявленных оптимальных условиях позволяет повышать активность ферментных препаратов и снижать их расход. Исследования по активации ферментных препаратов впервые начали проводить во МТИППе под руководством профессора Попадич И. А. и Траубенберг С. Е. [3].

В настоящее время работы в данном направлении продолжаются. Разработан способ активации ферментного препарата Laminex BG Glucanase Complex с использованием алкилоксибензола (С7-АОБ). Предынкубация препарата в оптимальных условиях в присутствии АОБ увеличивает цитолитическую активность препарата более чем в 2 раза [4]. Применение при затирании активированного препарата ускоряет осахаривание, фильтрование заторов, повышает выход экстракта [5].

В МГУППе проводятся исследования по влиянию нанопрепаратов на активность амилаз и протеаз ячменного солода. Выявлено, что при определенной концентрации наночастиц диоксида титана и углеродных трубок наблюдается повышение активности амилаз и протеаз солода [6,7].

Карпенко Д. В. с соавторами исследовали влияние нанопрепаратов на амилолитическую активность Амилоризина П10Х. Показано, что небольшое количество нанопрепаратов повышает активность биокатализатора, а большое – снижает. Авторы делают вывод о необходимости продолжения исследований в данной области [8].

Было изучено влияние нанопрепаратов на активность протеолитических биокатализаторов на примере препарата Нейтраза15МГ, Нейтраза08Л. Показано, что небольшое количество нанопрепаратов повышает протеолитическую способность Нейтразы [9,10]. Полученные предварительные данные могут лечь в основу разработки способов активации ферментных препаратов с использованием наночастиц.

Предлагается способ активации АмилоризинаП10Х с помощью акустического воздействия на препарат звука с частотой 19200 Гц. Обработка препарата увеличивает количество прогидролизованного крахмала на 60 % [11].

Разработан способ активации АПСубтилина звуком с частотой 2000 Гц, позволяющий увеличить количество прогидролизованного крахмала в 3,2 раза. При воздействии на данный препарат света с длиной волны 364 нм количество прогидролизованного крахмала увеличивается более чем в 5,5 раза [12].

На кафедре «Технология бродильных производств и консервирования» КемГУ при участии автора также проводятся исследования по разработке способов тепловой активации

ферментных препаратов с использованием различных активирующих сред. В качестве активирующей среды наше внимание привлекла электроактивированная вода, аномальные свойства которой исследуют ученые многих стран.

Электроактивированная вода, так называемая «живая» и «мертвая» вода, получается путем элетролиза обычной воды. У катода образуется щелочная «живая» вода, а у анода – кислая «мертвая». В результате электрохимической активации вода переходит в метастабильное состояние, которое характеризуется аномальными значениями активности электронов и других физико-химических параметров [13]. Живая вода – католит обладает сильными восстановительными свойствами, причем доказано, что они значительно выше, чем у обычных антиоксидантов [14]. Такая вода имеет отрицательный оксилительно-восстановительный потенциал и благоприятно влияет на живые организмы. Католит применяют в медицине, пищевой промышленности, сельском хозяйстве, пчеловодстве [15]. Применение католита при замачивании пивоваренного ячменя ускоряет проращивание зерна и повышает содержание в солоде ферментов [16]. Мы предположили, что живая вода будет активировать и амилолитические ферментные препараты.

Готовили католит на аппарате «Мелеста». Воду активировали 15 минут. При этом pH воды повысился до значения 9,0.

На живой воде готовили 0,1%-ные растворы амилолитических ферментных препаратов. Были выбраны популярные биокатализаторы – Амилосубтилин Г10Х, Термамил, МАТС. Выдерживали препараты при оптимальных для каждого из них условиях тепловой активации. Амилосубтилин термостатировали 30 минут при температуре 40ºС; Термамил – 30 минут при 55ºС; МАТС – 30 минут при 50ºС. Контрольные образцы были приготовлены на обычной дистиллированной воде. После активации определяли амилолитическую способность препаратов колориметрическим методом. Полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние «живой» воды на активность ферментных препаратов

Наименование препарата		Амилолитическая способность	
		ед/г	%
Амилосубтилин Г10Х	контроль	1777	100
	опыт	2683	151
Термамил	контроль	2364	100
	опыт	3546	150
МАТС	контроль	872	100
	опыт	2380	272

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что живая вода значительно повышает активность исследуемых ферментных препаратов. Так амилолитическая способность Амилосубтилина увеличивается по сравнению с контролем на 51 %, Термамила – на 50 %, а у МАТСа возрастает в 2,7 раза.

Известно, что продолжительность электроактивации воды влияет на ее активную кислотность (pH) и окислительно-восстановительный потенциал и, следовательно, на активирующий эффект воды. Поэтому исследовали влияние времени обработки воды на увеличение амилолитической способности Амилосубтилина Г10Х при его тепловой активации на католите.

С этой целью обрабатывали воду в течение 10, 15, 20 и 30 минут и проводили на ней тепловую активацию препарата в оптимальных условиях. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние продолжительности обработки на активирующий эффект живой воды

Время обработки	pH	Амилолитическая способность Амилосубтилина Г10Х	
		ед/г	%
0	7	1777	100
10	8	2380	134
15	9	2682	150
20	10	2984	167
30	10	2984	167

Результаты исследований показывают, что продолжительность электролиза воды влияет на ее активирующий эффект. Так при времени обработки 15 минут активность препарата увеличивается на 50 %, а электролиз в течение 20 минут повышает амилолитическую способность исследуемого препарата уже на 67 %. Дальнейшее повышение времени обработки воды не влияет на ее активирующий эффект. Поэтому в качестве оптимального мы выбрали время обработки воды 20 минут.

Известно, что активатором и стабилизатором амилолитических ферментов является Са [17]. Имеются сведения, что при электролизе воды ионы металлов становятся более подвижными [15]. Поэтому мы предположили, что внесение в воду солей Ca^{2+} перед электролизом будет способствовать повышению ее активирующего эффекта.

Готовили 0,1%-ные растворы исследуемых ферментных препаратов на воде, в которую перед электролизом вносили $CaCl_2$ до содержании ионов Ca^{2+} 2, 5, 10 мг-экв/дм^3. Проводили активацию препаратов и определяли в них амилолитическую способность. Полученные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Влияние содержания ионов Ca^{2+} на активирующий эффект живой воды

Наименование препарата	Контроль	Дозировка Ca^{2+}, мг-экв/дм^3			
		0	2	5	10
Амилосубтилин Г10Х	1777	2980	3102	3790	4191
Термамил	2364	3546	4467	5170	7629
МАТС	872	2380	2708	3150	3889

Результат эксперимента свидетельствует, что внесение в воду Ca^{2+} значительно повышает активирующий эффект католита. Наблюдается прямопропорциональная зависимость между содержанием в воде Ca^{2+} и ее активирующим эффектом. Так при содержании в воде Ca^{2+} 2 мг-экв/дм^3 амилолитическая способность (АС) Амилосубтилина увеличилась в 1,7 раза, у Термамила – в 1,9 раза, а у МАТСа – в 3,1 раза. При концентрации в воде Ca^{2+} 10 мг-экв/дм^3 АС Амилосубтилина возрасла уже в 2,3 раза, Термамила – в 3,3 раза, МАТСа – в 4,5 раза.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность значительного повышения АС амилолитических препаратов путем тепловой активации их на католите, обогащенном ионами Ca^{2+}. Это предполагает возможность сокращения дозировки биокатализаторов в 2-4 раза. Однако всякое изменение традиционной технологии может повлиять на ход технологического процесса, качества полуфабрикатов и готовой продукции. Поэтому изучили процесс производства сусла и пива при снижении дозировки Амилосубтилина Г10Х в 2 раза.

Готовили сусло с использованием 70 % светлого солода и 30% ячменя классическим настойным способом с выдержкой затора на основных технологических паузах по 30 минут. В контрольные образцы вносили полную дозировку Амилосубтилина Г10Х –200г/т, а в опытные – всего 100 г/т. Перед внесением активировали препарат на живой воде, обогащенной Ca^{2+}. Контролировали процесс фильтрования заторов. Разделение опытных образцов, приготовленных с уменьшенной дозой препарата, протекало интенсивнее, чем контрольных. Сусло охмеляли гранулированным хмелем, подвергали полному анализу по общепринятым в пивоварении методикам. В таблице 4 представлена характеристика охмеленного сусла.

Таблица 4 – Характеристика охмеленного сусла

Показатели	Контроль	Опыт
Массовая доля сухих веществ, %	11	11
Редуцирующие вещества, г/100см^3	7,7	8,8
Аминный азот, мг/100см^3	21,2	28,0
Фракция белка А, мг/100см^3	19,27	17,20
Кислость, к. ед.	1,6	1,7
Вязкость, мПа·с	1,6	1,5

Как видно из таблицы, сокращение в 2 раза дозы препарата не отразилось негативно на качество сусла. Опытные образцы даже выгодно отличаются от контрольных, приготовленных с полной дозой биокатализатора: в них больше мальтозы и аминного азота, ниже вязкость. Полученные данные можно объяснить положительным влиянием ионов Ca^{2+} активированной воды на ферментные системы затора.

Проконтролировали процесс сбраживания. Брожение опытных образцов, приготовленных с уменьшенной дозой ферментного препарата, протекало даже более интенсивно, чем контрольных. В таблице 5 представлена характеристика готового пива.

Таблица 5 – Характеристика готового пива

Показатели	Контроль	Опыт
Содержание спирта, % об.	4,1	4,3
Кислотность, к. ед.	2,0	2,1
Цвет, цв. ед.	0,6	0,6
Фракция белка А, мг/100см^3	9,3	8,7

Из таблицы видно, что опытные образцы не уступают по всем показателям контрольным и соответствуют требованиям стандарта.

Таким образом, разработан способ активации амилолитических ферментных препаратов на живой воде, обогащенной ионами Ca^{2+}, который позволяет увеличить активность биокатализаторов в 2-4 раза и снизить дозировку препаратов без негативного влияния на технологический процесс и качество готового продукта.

Список литературы

1. Diederik, J. M. Enzymes in brewing / J. M. Diederik, D.J.M. Schmedding, M.J.M. Van Gestel // Enzymes in Food Technology. – Boca ration (USA): CRC Press LLC, 2002. – P. 57–75.
2. Polaina, J. J. Industrial Enzymes: Structure, Function and Applications / J. J. Polaina, A. P. MacCabe. – The Netherlands: Springer, 2007. – 641 p.

3. Траубенберг, С. Е. Влияние тепловой обработки на активность препаратов α-амилазы / С. В. Траубенберг, И. В. Осташенкова, И. А. Попадич // Ферментная и спиртовая промышленность. – 1985. – №4. – С. 34–37.

4. Активация ферментного комплекса Laminex BG Glucanase Complex в производстве пива / В. М. Лысюк, Е. Ф. Шаненко, М. В. Гернет, Г. И. Эль-Регистан // Пиво и напитки. – 2010. – № 1. – С. 12–14.

5. Практические аспекты применения активации ферментных препаратов при получении пивного сусла / В. М. Лысюк, Е. Ф. Шаненко, М. В. Гернет, Г. И. Эль-Регистан // Пиво и напитки. – 2010. – №2. – С. 14–15.

6. Карпенко, Д. В. Влияние нанопрепаратов на активность амилаз светлого ячменного солода / Д. В. Карпенко, В. О. Кашанков, М. В. Савина // Пиво и напитки. – 2017. – № 6. – С. 18–21.

7. Влияние нанопрепаратов на активность протеаз светлого ячменного солода / Д. В. Карпенко, В. В. Жидков, С. А. Канаев, Е. М. Сырова // Пиво и напитки. – 2017. – № 4. – С. 14–17.

8. Карпенко, Д. В. Влияние нанопрепаратов на активность амилаз / Д. В. Карпенко, С. М. Дроздов, А. А. Евсеева // Пиво и напитки. – 2016. – № 5. – С. 28–31.

9. Карпенко, Д. В. Влияние нанопрепаратов на активность протеаз / Д. В. Карпенко, В. В. Жидков, С. А. Карязин // Пиво и напитки. – 2016. – № 4. – С. 46–49.

10. Влияние наноцинка на активность протеолитических ферментов / Д. В. Карпенко, У. В. Вартанова, Н. О. Борисова, М. А. Широкова // Пиво и напитки. – 2015. – № 5. – С. 16–19.

11. Карпенко, Д. В. Способ активации амилолитического ферментного препарата / Д. В. Карпенко, Т. А. Тихонова, К. К. Ходарев, Ю. Б. Овчинников, В. В. Безгубов // Пиво и напитки. – 2015. - № 4. – С. 42–44.

12. Карпенко, Д. В. Активация амилолитического ферментного препарата волновыми воздействиями / Д. В. Карпенко, В. С. Кравченко, К. В. Шалагинов // Пиво и напитки. – 2017. – № 5. – С. 16–19.

13. Бахир, В. М. Теоретические аспекты электрохимической активации / В. М Бахир // Материалы Втор. Междунар. Симп. «Электрохимическая активация». – М., 1999. – С. 39–49.

14. Антиоксидантные свойства воды / Г. И. Хараев [и др.] // Пиво и напитки. – 2007. – № 4. – С. 40–41.

15. Ашбах, Д. С. Живая и мертвая вода – новейшее лекарство современности / Д. С. Ашбах. – Спб.: Питер, 2008. – 192 с.

16. Ефимова, Г. Р. Солодоращение ячменя в католите и анолите / Г. Р. Ефимова, В. В. Егоров // Пиво и напитки. – 2002. – № 4. – С. 20–21.

17. Saboury, A. A. Thermodynamic studies on the interaction of calcium ions with alpha-amylase / A. A. Saboury, F. Karbassi // Thermochimica Acta. – 2000. – Vol. 362. – P. 121–129.

УДК 637.5:664.651

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЯСНОГО ФАРША ПРИ ВНЕСЕНИИ КУКУРУЗНОЙ МУКИ

М. А. Вайтанис, З. Р. Ходырева
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Мясные продукты являются неотъемлемой составляющей питания человека. Обогащение мясных продуктов растительным сырьём в настоящее время приобретает всё большую популярность и необходимость. Использование растительного сырья при производстве мясных фаршей способствует улучшению исходного мясного сырья и готовой продукции, повышению их биологической ценности. Разработка подобных продуктов нуждается в определении отношения потребителей к ним, так как это поможет определить оптимальное соотношение между спросом и предложением.

На кафедре «Технологии продуктов питания» Алтайского государственного технического университета им. И.И.Ползунова проводятся исследования по разработке рецептур и технологии поликомпонентных продуктов, базирующихся на целевом комбинировании молочного и зернового сырья, а также различных мясных продуктов с добавлением растительного сырья [1-8].

Целью исследования явилось изучение потребительских предпочтений при выборе мясных изделий, разработка рецептур и оценка органолептических и основных функционально-технологических показателей мясных фаршей, обогащенных растительным сырьем.

Для того чтобы оценить отношение потребителей к обогащенным мясным изделиям, были проведены маркетинговые исследования. В социологическом опросе приняли участие 100 человек. Большую часть опрошенных составили представители женского пола – 86 %, на долю мужчин пришлось 14 %. Респонденты были разделены на несколько возрастных групп: до 18 лет; от 18 лет до 25 лет; от 25 лет до 45 лет; от 45 лет и старше. Среди опрошенных 64,2 % составили люди в возрасте от 18 лет до 25 лет. Наименьшую по численности группу заняли респонденты от 45 лет и старше (9,1 %). Это связано с тем, что опрос проводился в интернет – среде, а люди от 45 лет и старше не так часто пользуются данным ресурсом. К тому же, большинство из них придерживаются консервативных взглядов в отношении пищевых продуктов, и новинки их не всегда интересуют, а некоторые даже относятся к ним с настороженностью. По роду занятий респонденты были также разделены на несколько категорий, большую часть которых составили студенты – 44 %, а 28 % работающие. Такое распределение респондентов можно объяснить тем, что большую часть населения, пользующихся интернет - ресурсами, составляют именно молодые люди.

В ходе анализа установили, что большинство опрошенных, а именно 40 %, предпочитают использовать свиной фарш, 25 % - говяжий, 21 % - куриный. А 13 % респондентов указали, что используют другой вид фарша, либо смесь из нескольких. Максимальное предпочтение потребители отдают рубленым изделиям в виде котлет – 73 %. В наименьшей степени респонденты употребляют тефтели – 19 %, и в незначительном количестве - биточки (2 %).

Также выяснили, знают ли потребители о том, что мясная продукция обогащается растительным сырьём. Таким образом, большинство респондентов, а именно 64 %, знают об этом, а 36 % не имеют представления о такой продукции. Кроме того было определено, стоит ли вообще разрабатывать обогащённые мясные продукты. В результате получили, что положительно относятся к таким продуктам 88 % респондентов, а отрицательно – 8 %, 4 % респондентов и вовсе не видят особенной разницы в качестве.

Выясняя отношение потенциальных потребителей относительно внесения в куриный фарш кукурузной муки, получили, что 43 % респондентов положительно отнеслись к внесению растительного сырья в мясной фарш, 33 % опрошенных - отрицательно, а 24 %

затруднялись ответить на этот вопрос и не увидели смысла в наличии в мясном фарше кукурузной муки.

В ходе проведенных маркетинговых исследований выяснили потребительские предпочтения по отношению к мясным изделиям и полуфабрикатам в целом. Кроме того, узнали мнение и отношение потребителей к обогащённым мясным изделиям, что позволило обобщить вывод о целесообразности разработки мясных изделий с добавлением растительного сырья, в частности кукурузной муки. Соответственно разработка рецептур куриного фарша с добавлением кукурузной муки позволит расширить ассортимент мясных изделий на предприятиях общественного питания.

Для реализации поставленной цели были разработаны рецептуры мясного фарша из курицы с кукурузной мукой. Для изучения данных показателей взамен мясной части добавляли различное количество муки от 5 % до 30 %. Контролем служил фарш без внесения кукурузной муки. Полученные фарши оценивали по органолептическим и функционально-технологическим показателям [9].

При разработке фаршей важно учитывать органолептические показатели, и добиваться их высоких показателей. Согласно поставленной цели было проанализировано 5 образцов мясного фарша с кукурузной мукой и образец без добавления муки (контроль) [10, 11, 12].

В результате проведенных исследований можно сказать, что при добавлении кукурузной муки фарш представляет собой хорошо перемешенную систему, без сухожилий и сохраняющую форму. При внесении 20 % и 30 % муки, фаршевая система становится крошливой и на поверхности образуются трещины.

Консистенция мясного фарша при внесении муки становится вязкопластичной, однородной. Однако при добавлении 20 % и 30 % кукурузной муки консистенция становится более плотной и густой, теряется нежность и сочность.

Фаршевая система при добавлении муки имеет однородный по всему объему светло-розовый цвет. Последующее внесение муки, начиная с 20 %, приводит к изменению цвета, фарш приобретает более выраженный желтоватый оттенок характерный для данного вида муки [1,4].

На рисунке 1 представлена зависимость влагоудерживающей способности и pH мясных фаршей от количества внесения кукурузной муки.

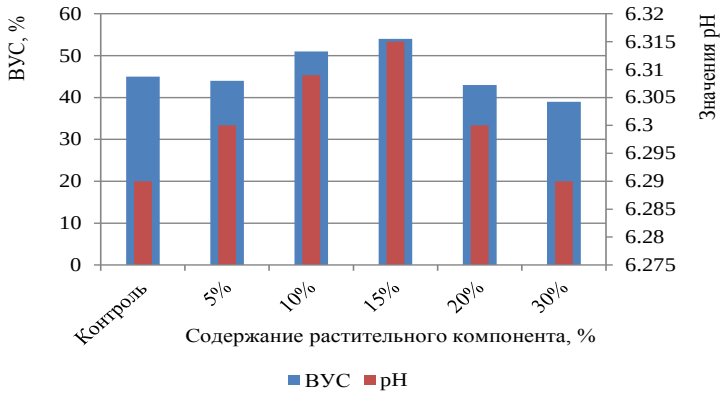


Рисунок 1 – Зависимость влагоудерживающей способности и pH мясных фаршей от количества внесения кукурузной муки

Из графика 1 видно, что при увеличении количества вносимой муки постепенно начинает возрастать влагоудерживающая способность (ВУС) и pH мясного фарша. При внесении в рецептуру 20 % кукурузной муки и более ВУС начинает снижаться, поскольку pH среды приближается к значениям, в которых белки находятся в изоэлектрической точке [13, 14]. Наибольшей влагоудерживающей способностью обладают мясные фарши при pH равном 6,30 и 6,31, что соответствует 10 % и 15 % внесения кукурузной муки соответственно.

Зависимость влагосвязывающей способности мясных фаршей от количества внесения кукурузной муки представлена на рисунке 2. Влагосвязывающая способность (ВСС) характеризует количество связанной влаги в мясном фарше, которое влияет на его свойства, потерю массы при хранении и тепловой обработке, а также на качество готовых изделий [13].

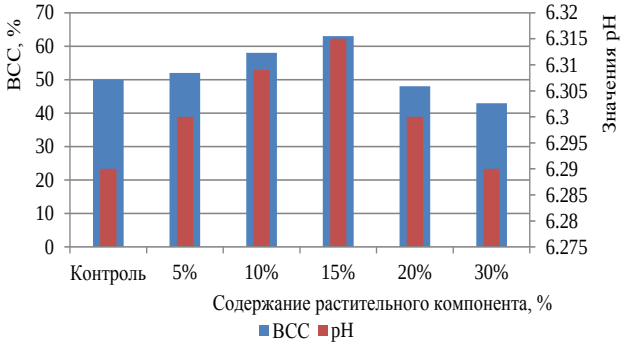


Рисунок 2 – Зависимость влагосвязывающей способности и pH мясных фаршей от количества внесения кукурузной муки

Согласно полученным данным, образцами с наиболее высокими значениями влагосвязывающей способности являются фарши с внесением кукурузной муки в количестве 10 % и 15 % в сравнение с контролем.

Также был исследован такой показатель как жироудерживающая способность (ЖУС) мясных фаршей в зависимости от количества внесения кукурузной муки. Высокое значение ЖУС белков обеспечивает нежную и однородную текстуру изделий, исключает отделение жира, уменьшает потери при варке и жарении [15]. На рисунке 3 представлен график ЖУС мясных фаршей.

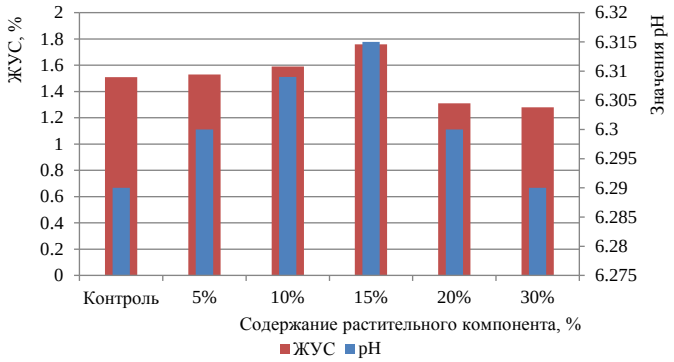


Рисунок 3 – Зависимость жироудерживающей способности мясных фаршей от количества внесения кукурузной муки

Исходя из графика, прослеживается зависимость, при которой возрастает ЖУС, а при внесении в мясной фарш кукурузной муки в количестве 20 %, показатель начинает снижаться [5].

В результате поставленной цели был проведен социологический опрос, исследованы органолептические и функционально-технологические показатели, определено оптимальное количество внесения растительного сырья и разработаны рецептуры куриных фаршей с кукурузной мукой. Таким образом, комбинируя куриный фарш, который содержит значительное количество жира и животного белка, с кукурузной мукой, богатой растительным белком и пищевыми волокнами, мы получаем более сбалансированный и полезный конечный продукт. Внесение растительного сырья позволяет получить высококачественные мясные продукты с регулируемыми свойствами [11].

Список литературы

1. Вайтанис, М. А. Сравнительный анализ функционально-технологических свойств комбинированных фаршей [Текст] / М. А. Вайтанис, З. Р. Ходырева // Конференция «Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука». – Москва: МГУПП, 2017. – С. 19–21.

2. Вайтанис, М. А. Влияние вида используемого растительного сырья на функционально-технологические показатели мясного фарша [Текст] / М. А. Вайтанис, З. Р. Ходырева // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XVIII международной научно-практической конференции. - Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2017. – С. 56–58.

3. Вайтанис, М. А. Обогащение мясного фарша растительным сырьем [Текст] / М. А. Вайтанис, З. Р. Ходырева // Современное состояние, перспективы развития молочного животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции; материалы международной научно-практической конференции. Омск: ЛИТЕРА, 2016. – С. 200–202.

4. Вайтанис, М. А. Изучение функционально-технологических свойств фаршевой системы для производства мучных кулинарных изделий [Текст] / М. А. Вайтанис // Вестник Алтайской науки. – 2015. – № 1 (23). – С. 340–345.

5. Вайтанис, М. А. Использование пшеничной муки при производстве котлетного фарша [Текст] / М. А. Вайтанис, З. Р. Ходырева // Всероссийская научно-практическая конференция "Перспективы производства продуктов питания нового поколения" с международным участием, посвященная памяти Профессора Сапрыгиа Георгия Петровича (13–14 апреля 2017 г.). – Омск. – С. 278–280.

6. Musina, O. N. An approach to the choice of alternatives of the optimized formulations / O. N. Musina, P. A. Lisin // Foods and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 2. – P. 65–73. DOI: 10.12737/13120.

7. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: A case study / O. Musina [et al.] // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 64. – P. 48–59. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.03.011.

8. Health-promoting benefits of low-fat akawi cheese made by exopolysaccharide-producing probiotic Lactobacillus plantarum isolated from camel milk / Ayesha S. Al-Dhaheri [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2017. – Vol. 100, № 10. – P. 7771–7779.

9. Антипова, Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов [Текст] / Л. В. Антипова, И. А. Глотова, И. А. Рогова. – Москва : Колос, 2001. – 376 с.

10. Вайтанис, М. А. Разработка рецептуры пельменей с использованием комбинированного фарша [Текст] / М. А. Вайтанис, З. Р. Ходырева // Пищевые инновации и биотехнологии: материалы IV Международной научной конференции / под общ. ред. М.П. Кирсанова; ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)». – Кемерово, 2016. – С. 286–287.

11. Вайтанис, М. А. Изменение органолептических показателей мясорастительных полуфабрикатов [Текст] / Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока: сборник научных трудов с международным участием; вып. 12 / под. ред. А.А. Майорова. – Барнаул : АЗБУКА, 2015. – С. 137–140.

12. Вайтанис, М. А. Возможности расширения ассортимента фаршей при производстве кулебяк [Текст] / М. А. Вайтанис // Вестник Алтайский науки. – 2013. – № 2-1. – С 66–70.

13. Вайтанис, М. А. Использование растительного компонента при производстве рыбных тефтелей [Текст] / М. А. Вайтанис // Вестник Алтайский науки. – № 3. – 2013. – С. 270–274.

14. Вайтанис, М. А. Обогащение рыбного фарша растительным сырьем [Текст] / М. А. Вайтанис // Ползуновский Вестник. – 2013. – № 4/4. – С. 188–191.

15. Вайтанис, М. А. Перспективы использования мяса марала [Текст] / М. А. Вайтанис, З. Р. Ходырева // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: матер. V междунар. науч. технол. – Воронеж: ВГУИТ, 2015. – С. 278–280.

УДК 663.4

РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ МЕМБРАНОТРОПНЫМ НАНОПРЕПАРАТОМ ИЗ ИНТЕРМЕДИАТОВ ЦИКЛА КРЕБСА

А. Л. Верещагин, Л. Л. Борина
Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Бийск, Россия

Введение

При исследовании применений наноконцентраций кислот – интермедиатов цикла Кребса была обнаружена их ростостимулирующая активность для ряда двудольных культур при обработке по листовой поверхности. При этом было установлено наличие локального максимума в диапазоне от нано- до фемтоконцентраций [1]. Ростостимулирующее действие наноконцентраций янтарной кислоты усиливалось для черенков *Vitis vinifera* действием ультразвукового облучения [2]. В опыте по изучению совместного воздействия нанопрепарата из кислот интермедиатов цикла Кребса («препарат №3») и гербицидов был обнаружен синергетический эффект усиления фитотоксичности гербицида [3]. Исследование природы этого эффекта методом цейтрафферной компьютерной видеосъемки микроскопических объектов показало, что «препарат №3» обладает мембранотропным эффектом [4]. В последующих работах был установлен стимулирующий эффект этого нанопрепарата к сухим пивоваренным [5] и хлебопекарным дрожжам [6]. Препарат повышает активность ферментов клеток дрожжей, а также активирует физиологическое состояние дрожжевой культуры. Логическим продолжением исследования «препарата III» стало изучение его отношения к размножению других микроорганизмов. При выборе объектов исследования необходимо было принять во внимание, что цикл Кребса функционирует только у аэробных микроорганизмов [7-9]. Так, было установлено, стимулирующее действие янтарной кислоты на размножение чистой культуры золотистого стафилококка [10]. В последующем было установлено, что наиболее активной в размножении микроорганизмов из интермедиатов цикла Кребса является α-кетоглутаровая кислота [11]. Поскольку микроорганизмы под влиянием внешних воздействий в результате бесконтрольного применения антибиотиков в сельском хозяйстве подвергаются мутагенезу, в результате чего патогенные микроорганизмы становятся невосприимчивыми даже к колистину – антибиотику последнего поколения, например штамм *Klebsiella pneumoniae* [12] или мецитилину – штаммы мецитилин-резистентного золотистого стафилококка – MRSA [13]. Наблюдается снижение восприимчивости микроорганизмов и к дезинфицирующим составам [14].

Объектом исследования явилась оценка воздействия мембранотропного препарата из органических кислот цикла Кребса на размножению аэробных микроорганизмов и на их наследственность, и на бактерицидность антибиотиков и стерилизующих веществ.

Объекты и методы исследования

Микроорганизмы. Исследование проводили на штаммах чистых культур *Staphylococcus aureus* ATCC 6538-P, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *Salmonella typhimurium ATCC 79 и Escherichia coli* ATCC 25922.

Все испытания проводились в соответствии с ОФС 42-0067-07 [6].

Реагенты. Органические кислоты: α-кетоглутаровая кислота (импорт), лимонная кислота (хч, ГОСТ 3562-69), щавелевая кислота (ч, ГОСТ 22180-79), яблочная кислота (ч, ТУ 6-09-4058-75), янтарная кислота (ч, ГОСТ 6341-75).

Базовые растворы органических кислот готовили с концентрацией 0,1 моль/л. Растворы концентрации 10^{-9} М получали путем последовательного стократного разведения

базового раствора с последующим интенсивным механическим перемешиванием, а затем использовали десятикратное разведение.

Для приготовления базового раствора препарата №3 использовали 5 кислот – лимонной, α-кетоллутаровой, янтарной, *DL*-яблочной и щавелевой в соотношении 1:2:3:4:5 соответственно.

Исследовалось бактерицидное действие следующих антибиотиков ампицилина натриевой соли (далее ампицилин) и левомицетина натрия сукцината (далее левомицетин).

Испытания проводились в асептических условиях с помощью стандартных методов, реактивов и питательных сред. Для инкубации посевов на питательных средах использовалась стандартная температура (32,5 ± 2,5) ºС.

Дезинфицирующее средство «АЛМАДЕЗ» содержит в своем составе в качестве действующих веществ N,N-бис-(3-аминопропил) додециламина 0,5 %, алкилдиметилбензиламмоний хлорида 6 %, полигексаметиленгуанидин гидрохлорида 2,3 % и поли-(1-гексаметилен) бигуанидин гидрохлорид 0,1 %, а также моющий компонент, отдушку и воду. pH 1 % водного раствора средства 6,9.

Результаты и обсуждение

Размножение чистой культуры *Staphylococcus aureus.* Полученные данные по влиянию концентраций кислот на численность микроорганизмов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние концентрации кислот на численность *St. Aureus*

Мольная доля кислоты, моль/л, до разбавления в ЖСА	препарат №3		Янтарная кислота	
	КОЕ,	%, к контролю	КОЕ,	%, к контролю
контроль	$5*10^5$	100	$5*10^5$	100
10^{-9}	$6,3*10^5$	125	$5*10^5$	100
10^{-10}	$7,5*10^5$	150	$7,5*10^5$	**150**
10^{-11}	$6,3*10^5$	125	$7,5*10^5$	**150**
10^{-12}	$5*10^5$	100	$7,5*10^5$	**150**
10^{-13}	$1*10^6$	**200**	$5*10^5$	100
10^{-14}	$7,5*10^5$	150	$5*10^5$	100
10^{-15}	$2,5*10^5$	75	$5*10^5$	100

Из представленных данных следует, что активность препарата №3 в исследованном диапазоне характеризуется двумя максимумами – при концентрации раствора 10^{-13} (в 2,0 раза) и 10^{-10} (1,5 раза) по сравнению с контролем. Добавление раствора янтарной кислоты в питательную среду увеличивает рост и развитие золотистого стафилококка по отношению к контролю на 50 % при концентрации раствора 10^{-10}, 10^{-11}, 10^{-12}, а при концентрации 10^{-9}, 10^{-13}, 10^{-14}, 10^{-15} М – приравнялся к контролю. Отметим, что активность препарата №3 при концентрации 10^{-13}М на 50 % достоверно превышала активность янтарной кислоты такой же концентрации.

Полученные данные не противоречат ранее опубликованным данным о минимальной ингибирующей концентрации янтарной кислоты по отношению к культуре *St. aureus,* которая составляет 0,62 % [15]. К тому же данные результаты показывают, что инструментально не определяемые концентрации органических кислот (точнее, при таких разбавлениях лучше сказать дианиноны природных дикарбоновых кислот) могут оказывать влияние на размножение микроорганизмов, что раскрывает новые возможности как для микробиологии, так и биотехнологии.

Таким образом, сверхмалые концентрации ряда природных органических кислот достоверно регулируют рост культуры *St. aureus.*

Влияние сверхмалых доз смеси природных органических кислот на наследственность чистой культуры синегнойной палочки.

Для этого был проведен сравнительный анализ «препарата №3» на рост и развитие *P. aeruginosa* с последующим пересевом выросших колоний на питательную среду без добавления «препарата №3». Были поставлены следующие задачи по исследованию сверхмалых доз α-кетоглутаровой кислоты и смеси природных органических кислот на развитие чистой культуры синегнойной палочки и по изучению отношения сверхмалых доз смеси природных органических кислот на наследственность чистой культуры синегнойной палочки при однократном и многократном воздействии.

Интерпретация результатов количественного определения микроорганизмов при использовании чашечного агарового метода. Культивирования проводили в четырехкратной повторности. Результаты средних значений представлены на рисунке 1.

Влияние сверхмалых доз α-кетоглутаровой кислоты и смеси природных органических кислот на развитие чистой культуры синегнойной палочки.

Полученные данные по влиянию концентраций кислот на численность микроорганизмов представлены на рисунке 1.

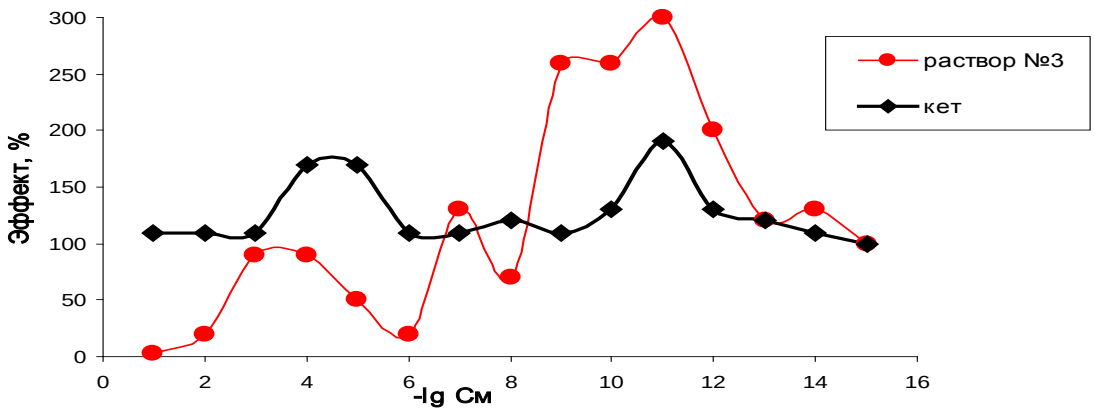


Рисунок 1 – Зависимость концентрации препаратов на численность *P. aeruginosa*

Из представленных данных следует, что активность «препарата №3» в исследованном диапазоне *P. aeruginosa* характеризуется четырьмя максимумами – при концентрации раствора 10^{-11} (в 3,0 раза) и 10^{-9}, 10^{-10}(в 2,6 раза), 10^{-12} (в 2,0 раза) по сравнению с контролем. Добавление раствора α-кетоглутаровой кислоты в питательную среду увеличивает рост и развитие синегнойной палочки по отношения к контролю на 90% с концентрацией раствора 10^{-11}, а с концентрацией 10^{-4}, 10^{-5} на 70 %.

Влияние сверхмалых доз препарата №3 на численность чистой культуры синегнойной палочки при последовательном трехкратном воздействии.

Проведен сравнительный анализ действия препарата №3 на рост и развитие *P. aeruginosa* с последующим пересевом выросших колоний на питательную среду с добавлением препарата №3.

Полученные данные по численности микроорганизмов методом мультипликации представлены в таблице 2.

Из представленных данных следует, что полимодальная зависимость доза – эффект также распространяется на исследованный вариант обработки. Наиболее значительный эффект отмечен в диапазоне концентраций 10^{-9} … 10^{-12} М, причем стимулирование численности микроорганизмов имеет предельные значения для каждой концентрации и носит циклический характер. Наибольшей стимулирующей активностью обладает препарат с концентрацией 10^{-11} М.

Таблица 2 – Влияние концентрации препарата №3 и числа обработок на численность *P. aeruginosa*

Молярность кислоты, моль/л	*P. aeruginosa*, КОЕ/г							
	I пассаж		II пассаж		III пассаж		IV пассаж	
	КОЕ/г	%, к контролю	КОЕ/г	%, к контролю	КОЕ/г	%, к контролю	КОЕ/г	%, к конт-ролю
Контроль	$3*10^7$	100	$3*10^7$	100	$3*10^7$	100	$3*10^7$	100
10^{-1}	$1*10^6$	3	$8*10^5$	2	$1*10^6$	3	$8*10^5$	2
10^{-2}	$7*10^6$	20	$1*10^7$	30	$7*10^6$	20	$1*10^7$	30
10^{-3}	$2,6*10^7$	90	$3*10^7$	100	$2,6*10^7$	90	$3*10^7$	100
10^{-4}	$2,6*10^7$	90	$3*10^7$	100	$2,6*10^7$	90	$3*10^7$	100
10^{-5}	$1,5*10^7$	50	$2*10^7$	65	$1,5*10^7$	50	$2*10^7$	65
10^{-6}	$6*10^6$	20	$1*10^7$	30	$6*10^6$	20	$1*10^7$	30
10^{-7}	$4*10^7$	130	$6*10^7$	200	$4*10^7$	130	$6*10^7$	200
10^{-8}	$2*10^7$	70	$3,5*10^7$	115	$2*10^7$	70	$3,5*10^7$	115
10^{-9}	**$8*10^7$**	**260**	**$1*10^8$**	**300**	**$8*10^7$**	**260**	**$1*10^8$**	**300**
10^{-10}	**$8*10^7$**	**260**	**$1*10^8$**	**300**	**$8*10^7$**	**260**	**$1*10^8$**	**300**
10^{-11}	**$9*10^7$**	**300**	**$1,5*10^8$**	**500**	**$9*10^7$**	**300**	**$1,5*10^8$**	**500**
10^{-12}	**$6*10^7$**	**200**	**$8*10^7$**	**260**	**$6*10^7$**	**200**	**$8*10^7$**	**260**
10^{-13}	$3,5*10^7$	120	$4*10^7$	130	$3,5*10^7$	120	$4*10^7$	130
10^{-14}	$4*10^7$	130	$4,5*10^7$	150	$4*10^7$	130	$4,5*10^7$	150
10^{-15}	$3*10^7$	100	$4*10^7$	130	$3*10^7$	100	$4*10^7$	130

Сохранение ростостимулирующей активности штамма численность *P. aeruginosa*

Полученные данные по влиянию концентраций кислот на численность микроорганизмов на стадии наследственности представлены на рисунке 2.

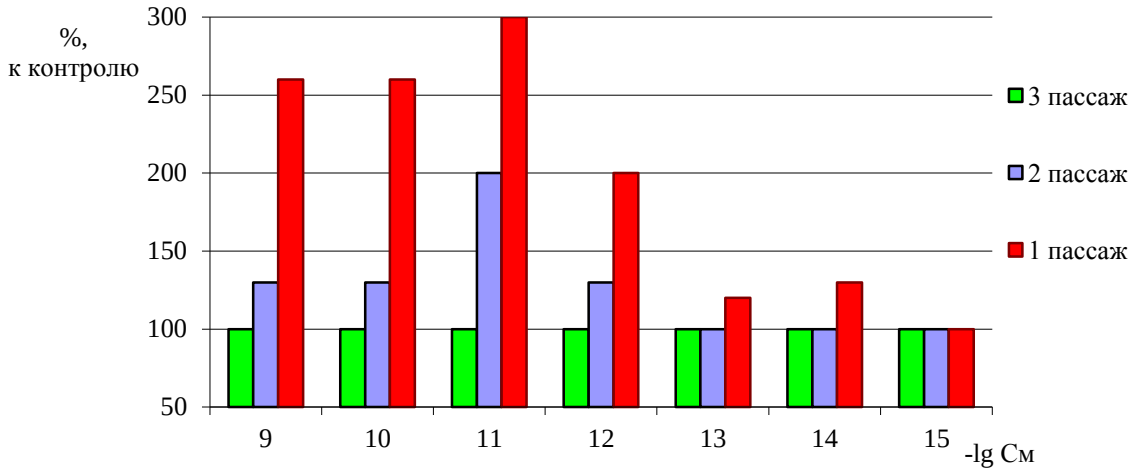


Рисунок 2 – Влияние «препарата III» на стадии наследственности *P. aeruginosa*

В результате исследований было установлено, что в варианте с раствором смеси органических кислот в первом пассаже при концентрации 10^{-11} (в 3,0 раза) наблюдается локальный максимум, а при концентрации 10^{-9}, 10^{-10}(в 2,6 раза), 10^{-12} (в 2,0 раза) по сравнению с контролем. При втором пассаже активность «препарата №3» падает по

отношению к первому практически в два раза. А при третьем пассаже активность «препарата №3» приравнивается к нулю. Полученные экспериментальные данные показывают, что наследственность микроорганизмов в отношении их численности без стимулятора, которым в данном случае является «препарат №3», не активна.

Таким образом, наибольшей стимулирующей активностью при размножении *P. aeruginosa,* обладают растворы препарата из кислот цикла Кребса с концентрацией 10^{-9} … 10^{-12} М. Склонность данного штамма к ускоренному размножению под воздействием стимулятора не сохраняется в третьем поколении. Последовательное использование стимулирование роста микроорганизмов имеет предельные значения для каждой концентрации и носит циклический характер. Наибольшей стимулирующей активностью обладает препарат с концентрацией 10^{-11} М.

Повышение бактерицидности антибиотиков. Была изучена бактерицидная активность пар *Staphylococcus aureus* – ампицилин, и *Salmonella typhimurium* – левомицетин. В качестве растворителя антибиотиков применялась водные растворы активированные кислотами цикла Кребса в разведениях от 10^{-8} до 10^{-15}, для приготовления разведений, использовали стерильную дистиллированную воду.

Данные по активности пары *Staphylococcus aureus* – ампицилин представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Бактерицидная активность в системе ампицилин – *Staphylococcus aureus* – раствор кислот цикла Кребса

Концентрация образца, М	КОЕ, при концентрации антибиотика			
	0,1%		0,01%	
	среднее	%, к контролю	среднее	%, к контролю
контроль	30±2	100	69±3	100
10^{-8}	23±2	77	58±4	84
10^{-9}	25±3	83	67±2	97
10^{-10}	25±3	83	68±4	99
10^{-11}	29±4	97	66±3	96
10^{-12}	26±4	87	67±3	97
10^{-13}	23±3	77	69±2	100
10^{-14}	25±2	83	65±2	94
10^{-15}	23±3	77	63±4	91

Из представленных данных следует, что ампицилин в системе *Staphylococcus aureus* – раствор кислот цикла Кребса обладает бактериостатическим действием для раствора с концентрацией 0,01 %. Для опытов с растворами концентрации ампицилина 0,1 % бактерицидное действие повышается в ряде случаев на 23 %. В целом регистрируемое действие доза – эффект носит полимодальную зависимость, типичную для действия сверхмалых концентраций биологически активных соединений [16]. Так в паре ампицилин-*Staphylococcus aureus,* наибольшая активность антибиотика в разведении 0,1% наблюдается при концентрации кислот цикла Кребса 10^{-8},10^{-13},10^{-15}, а при разведении 0,01 % – в концентрации 10^{-8} М.

Данные по активности в паре *Salmonella typhimurium* – левомицетин представлены в таблице 4.

Из представленных данных следует, что бактерицидность левомицетина и в этом случае носит полимодальную зависимость, типичную для действия сверхмалых концентраций биологически активных соединений [16]. Так, наибольшая активность антибиотика в разведении 0,1% наблюдается при концентрации кислот цикла Кребса 10^{-10}…10^{-12} и 10^{-14} …10^{-15}М, а при разведении 0,01% – в концентрации 10^{-15} М. Исходя из

полученных данных необходимо проведение дополнительных исследований с концентрацией кислот цикла Кребса менее чем 10^{-15} М.

Таблица 4 – Бактерицидная активность в системе левомицетин – *Salmonella typhimurium* – раствор кислот цикла Кребса

Концентрация образца, М	КОЕ, при концентрации антибиотика			
	0,1%		0,01%	
	среднее	%, к контролю	среднее	%, к контролю
контроль	27±4	100	73±3	100
10^{-8}	26±3	96	74±4	101
10^{-9}	25±3	93	74±5	101
10^{-10}	18±2	67	69±5	95
10^{-11}	18±3	67	70±5	96
10^{-12}	13±3	48	70±4	96
10^{-13}	26±4	96	70±6	96
10^{-14}	15±3	56	72±4	99
10^{-15}	14±4	52	64±4	88

Таким образом, показана возможность повышения бактерицидности левомицетина при концентрации 0,1 % в системе левомицетин – *Salmonella typhimurium* за счет использования среды из кислот цикла Кребса с концентрацией 10^{-10}…10^{-12} и 10^{-14} …10^{-15}М. Для системы ампицилин – *Staphylococcus aureus* – раствор кислот цикла Кребса обладает бактериостатическим действием для раствора с концентрацией ампицилина 0,01 %, и слабым бактерицидным действием с растворами концентрации ампицилина 0,1 %.

Действие антибиотиков на рост и размножение *Staphylococcus Aureus* и *Salmonella Typhimurium* в водных растворах активированных кислотами цикла Кребса и нитратом серебра [17].

Данные по активности пары *Staphylococcus aureus* – ампицилин с добавлением нитрата серебра в бактерицидной концентрации представлены в таблице 5, а с нитратом серебра в бактериостатической концентрации – в таблице 6.

Таблица 5 – Относительная бактерицидность в системе ампицилин- *Staphylococcus Aureus* -нитрат серебра 10^{-4}М

Концентрация образца, М	КОЕ, при концентрации антибиотика			
	0,1%		0,01%	
	среднее	Относительная бактерицидность к контролю, %	среднее	Относительная бактерицидность к контролю, %
контроль	31±3	100	74±3	100
10^{-8}	27±3	115	65±5	114
10^{-9}	25±2	124	61±5	121
10^{-10}	25±3	124	64±4	115
10^{-11}	23±3	135	66±3	112
10^{-12}	23±3	135	62±3	119
10^{-13}	23±4	135	62±2	119
10^{-14}	21±2	147	60±3	123
10^{-15}	21±2	147	61±2	121

Из представленных данных следует, что нитрат серебра в концентрации 10^{-4} М при введении в систему 0.1% ампицилина - *Staphylococcus aureus* – раствор кислот цикла Кребса

достоверно усиливает бактерицидное действие, достигая максимума при концентрации 10^{-14}…10^{-15} М, а при концентрации антибиотика 0,01 % усиление бактерицидности происходит в меньшей степени. Для опытов с растворами концентрации ампицилина 0,1% бактерицидное действие повышается в ряде случаев на 47 %.

Таблица 6 – Относительная бактерицидность в системе ампицилин- *Staphylococcus Aureus* -нитрат серебра 10^{-8}М

Концентрация образца, М	КОЕ, при концентрации антибиотика			
	0.1%		0,01%	
	среднее	относительная бактерицидность к контролю, %	среднее	относительная бактерицидность к контролю, %
контроль	33±4	100	69±2	100
10^{-8}	27±3	122	63±3	109
10^{-9}	29±2	114	60±3	115
10^{-10}	29±3	114	61±5	113
10^{-11}	29±2	114	58±4	119
10^{-12}	25±2	132	58±2	119
10^{-13}	23±3	143	60±2	115
10^{-14}	22±2	150	58±3	119
10^{-15}	20±2	165	58±2	119

Из представленных данных следует, что нитрат серебра в концентрации 10^{-8} М при введении в систему 0.1 % ампицилина - *Staphylococcus aureus* – раствор кислот цикла Кребса достоверно усиливает бактерицидное действие, достигая максимума при концентрации 10^{-15} М, а при концентрации антибиотика 0,01 % усиление бактерицидности происходит в меньшей степени. Для опытов с растворами концентрации ампицилина 0,1 % бактерицидное действие повышается в ряде случаев на 65 %.

Данные по активности пары *Salmonella typhimurium* – левомицетин с добавлением нитрата серебра в бактерицидной концентрации представлены в таблице 7, а с нитратом серебра в бактериостатической концентрации – в таблице 8.

Таблица 7 – Относительная бактерицидность в системе левомицетин - *Salmonella typhimurium*-нитрат серебра 10^{-4}М

Концентрация образца, М	КОЕ, при концентрации антибиотика			
	0,1%		0,01%	
	среднее	относительная бактерицидность к контролю, %	среднее	относительная бактерицидность к контролю, %
контроль	28±3	100	71±3	100
10^{-8}	16±2	175	63±3	113
10^{-9}	19±2	147	63±5	113
10^{-10}	19±3	147	62±2	114
10^{-11}	15±2	187	59±2	120
10^{-12}	17±2	165	59±3	120
10^{-13}	14±3	200	59±4	120
10^{-14}	14±2	200	57±3	125
10^{-15}	14±3	200	56±5	127

Из данных таблицы 7 следует, что нитрат серебра в концентрации 10^{-4} М при введении в систему 0.1 % ампицилина - *Staphylococcus aureus* – раствор кислот цикла Кребса

достоверно усиливает бактерицидное действие, достигая максимума в диапазоне концентрации 10^{-13}…10^{-15} М, а при концентрации антибиотика 0,01 % усиление бактерицидности происходит в меньшей степени. Для опытов с растворами концентрации ампицилина 0,1 % бактерицидное действие повышается в ряде случаев на 100 %.

Таблица 8 – Относительная бактерицидность в системе левомицетин - *Salmonella typhimurium*-нитрат серебра 10^{-8}М

Концентрация образца, М	КОЕ, при концентрации антибиотика			
	0,1%		0,01%	
	среднее	относительная бактерицидность к контролю, %	среднее	относительная бактерицидность к контролю, %
контроль	31±3	100	75±5	100
10^{-8}	27±3	115	69±2	109
10^{-9}	26±3	119	70±2	107
10^{-10}	24±2	129	67±3	112
10^{-11}	23±3	135	65±2	115
10^{-12}	23±2	135	62±2	121
10^{-13}	21±3	148	63±3	119
10^{-14}	21±2	148	62±4	121
10^{-15}	20±3	155	60±4	125

Из представленных данных таблицы 8 следует, что нитрат серебра в концентрации 10^{-8} М при введении в систему 0.1 % ампицилина - *Staphylococcus aureus* – раствор кислот цикла Кребса достоверно усиливает бактерицидное действие, достигая максимума при концентрации 10^{-15} М, а при концентрации антибиотика 0,01 % усиление бактерицидности происходит в меньшей степени. Для опытов с растворами концентрации ампицилина 0,1 % бактерицидное действие повышается в ряде случаев на 55 %.

Исходя из полученных данных необходимо проведение дополнительных исследований с концентрацией кислот цикла Кребса менее чем 10^{-15} М. Таким образом, показана возможность достоверного повышения бактерицидности левомицетина и ампицилина при введении в систему нитрата серебра. Максимальное повышение бактерицидности изученных систем наблюдается при обеих концентрациях серебра при концентрации антибиотиков 0,1 %. Во всех изученных случаях введение нитрата серебра повышает бактерицидность изучавшихся сред.

Повышение бактерицидности дезинфицирующего средства при введении α-кетоглутаровой кислоты [18].

В связи с ранее полученными данными была предпринята попытка изучить возможность усилиления бактерицидного действия дезинфицирующего средства Алмодеза на тест культуре кишечных палочек *E.coli* при одновременном использовании с α-кетоглутаровой кислотой – одним из интермедиатов цикла Кребса.

Влияние растворов α-кетоглутаровой кислоты на бактерицидность Алмадеза по отношению к *Eshcherichia coli* представлена в таблице 9. Относительная бактерицидность опытных препаратов рассчитывалась как отношение КОЕ контрольного опыта к КОЕ опыта.

Из представленных данных следует, что в изученном диапазоне концентраций Алмадеза и α-кетолутаровой кислоты происходит достоверное усиление бактерицидности дезинфицирующего средства.

Таким образом, показана возможность повышения бактерицидности от 14 до 273 % Алмадеза при концентрации 0, 01 % и 0,05 % отношению к *Eshcherichia coli* за счет использования растворов α- кетоглутаровой кислоты с концентрацией 10^{-8}…10^{-15} М.

Таблица 9 – бактерицидность Алмадеза в растворах α-кетоглуаровой кислоты по отношению к штамму *Eshcherichia coli*

Молярная концентрация α-кетоглутаровой кислоты	КОЕ, при концентрации Алмадеза 0.05 %	Относительная бактерицидность, %	КОЕ, при концентрации Алмадеза 0.01 %	Относительная бактерицид-ность, %
контроль	30±3	100	39±4	100
10^{-8}	11±5	273	26±8	150
10^{-9}	12±6	250	23±7	169
10^{-10}	14±5	214	20±6	195
10^{-11}	15±3	200	25±2	156
10^{-12}	17±5	176	27±3	144
10^{-13}	16±5	187	29±3	134
10^{-14}	19±6	157	31±4	126
10^{-15}	21±6	142	34±5	114

Повышение бактерицидности дезинфицирующего средства при введении α-кетоглутаровой кислоты и нитрата серебра.

Данные по бактерицидности системы α-кетоглутаровой кислоты Алмадез с концентрацией 0,05 % и 0,01 % с добавлением нитрата серебра в бактериостатической концентрации к *Escherichia coli* представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Бактерицидность системы α-кетоглутаровой кислоты - Алмадез в концентрации 0.05 % и 0,01 % и нитрата серебра 10^{-4} мг/дм^3 по отношению к штамму *Eshcherichia coli*

Молярная концентрация α-кетоглутаровой кислоты	КОЕ, при концентрации Алмадеза 0,05 %	Относительная бактерицидность	КОЕ, при концентрации Алмадеза 0,01 %	Относительная бактерицидность
контроль	30±3	100	39±4	100
10^{-8}	21±6	142	31±4	114
10^{-9}	19±6	157	29±3	126
10^{-10}	14±5	**214**	20±6	134
10^{-11}	15±3	**200**	27±3	144
10^{-12}	17±5	176	25±2	156
10^{-13}	16±5	187	20±6	**195**
10^{-14}	19±6	157	23±7	169
10^{-15}	21±6	142	20±6	**195**

Из представленных данных следует, что максимальной бактерицидной активностью обладают среды, содержащие α-кетоглутаровой кислоту в концентрации 10^{-10} и 10^{-11} М при концентрации Алмадеза 0.05 % и содержащие α-кетоглутаровой кислоту в концентрации 10^{-13} и 10^{-15} М при концентрации Алмадеза 0.01 %.

Таким образом, показана возможность достоверного повышения бактерицидности Алмадеза по отношению к *E. coli* за счет добавления системы из α-кетоглутаровой кислоты в нано- и фемтоконцентрации и нитрата серебра в бактериостатической концентрации.

Выводы

Таким образом установлено, что интермедиаты цикла Кребса в нано- и фемто-концентрациях:

1. Ускоряют размножение ряда штаммов микроорганизмов без сохранения ускоренного размножения.
2. Повышают бактерицидность антибиотиков и дезинфицирующих средств.

Список литературы

1. Верещагин, А. Л. Влияние сверхмалых доз интермедиатов цикла Кребса на рост и развитие ряда двудольных растений / А. Л. Верещагин, В. В. Кропоткина. – Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 94 с.
2. Верещагин, А. Л. Влияние ультразвукового облучения и регуляторов роста на ризогенную активность растительных объектов / А. Л. Верещагин, А. Н. Хмелева. – Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 73 с.
3. Захарьева, Ю. И. Усиление фитотоксичности системного гербицида наноконцентрациями природных органических кислот / Ю. И. Захарьева, А. Л. Верещагин // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2011.– № 1.– С. 143–145.
4. Влияние ряда дикарбоновых кислот в сверхмалых концентрациях на барьерную функцию мембраны изолированной вакуоли / А. Л. Верещагин [и др.] // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология. – 2013. – Т. 6, № 2. – С. 3–7.
5. Активация пивных дрожжей смесью органических кислот / А. А. Павлов, В. А. Помозова, Л. В. Пермякова, А. Л. Верещагин // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.science-education.ru/111-10553 (дата обращения: 29.10.2013).
6. Влияние кислот цикла Кребса на свойства хлебопекарных дрожжей и качество хлеба / А. Л. Верещагин [и др.] // Хлебопродукты. – 2016. – №7. – С. 66–67.
7. Овчинников А. О. Биорганическая химия / А. О. Овчинников. – М.: Просвещение, 1987. – 815 с.
8. Qiang Li and Jianmin Xing. Microbial Succinic Acid Production Using Different Bacteria Species // Microorganisms in Biorefineries B. Kamm (ed.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015, pp. 183–206. Microbiology Monographs 26, DOI: 10.1007/978-3-662-45209-7_7.
9. Robert Matheron and Pierre Caumette. Structure and Functions of Microorganisms: Production and Use of Material and Energy // In Bertrand J.-C., Caumette P., Lebaron Ph. et al. (Eds.) Environmental Microbiology: Fundamentals and Applications: Microbial Ecology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. – 2015, P. 25-71.
10. Кунец, Л. Л. Влияние сверхмалых концентраций интермедиатов цикла Кребса на рост и развитие чистой культуры *Staphylococcus aureus* / Л. Л. Кунец, А. Л. Верещагин // Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2012.– № 2 (3). –С. 143–144.
11. Кунец, Л. Л. Влияние сверхмалых концентраций интермедиатов цикла Кребса на рост и развитие чистых культур синегнойной палочки и золотистого стафилококка / Л. Л. Кунец, А. Л. Верещагин // Вестник Алтайской Науки. – 2014. – №4. – С. 284–287.
12. A Klebsiella pneumoniae antibiotic resistance mechanism that subdues host defences and promotes virulence / T. J. Kidd [et al.] // AEMBO Mol. Med. – 2017. – Feb 15. – P. e201607336. DOI: 10.15252/emmm.201607336.
13. Clinical characteristics and epidemiology of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) in children with cystic fibrosis from a center with a high MRSA prevalence / N.S. Harik [et al.] // Am. J. Infect. Control. – 2016. – № 44(4).– P. 409–415. DOI: 10.1016/j.ajic.2015.10.015.
14. Russel, A. D. Bacterial adaptation and resistance to antiseptics, desinfectants and preservatives is not a new phenomenon / A. D. Russel // J. Hosp. Infect. – 2004. – Vol.57, №. 2. – P. 97.
15. Matook, S. M. Antibacterial and Antioxidant Activities of Banana (*Musa*, AAA cv. Cavendish) Fruits Peel / S. M. Matook, H. Fumio // American Journal of Biochemistry and Biotechnology. – 2005. – V 1(3). – P. 126–132.

16. Проблема малых и сверхмалых доз в токсикологии. Фундаментальные и прикладные аспекты / В. В. Булатов, Т. Х. Хохоев, В. В. Дикий, С. В. Заонегин, В. Н. Бабин // Журнал Всероссийского химического общества. – 2002.– № 6. – С. 58–62.

17. Татарникова, Т. В. Действие антибиотиков на рост и размножение *Staphylococcus Aureus* и *Salmonella Typhimurium* в водных растворах активированных кислотами цикла Кребса и нитратом серебра / Т. В. Татарникова, А. Л. Верещагин // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы IX всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Бийск. – 2016. – С. 371–375.

18. Татарникова, Ю. Л. Повышение бактерицидности алмодеза к *eshcherichia coli* в водных растворах, активированных α-кетоглутаровой кислотой / Ю. Л. Татарникова, А. Л. Верещагин // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы IX всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. – Бийск, 2016. – С. 375–377.

УДК 60:637.1

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ МОЛОКА РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Н. Б. Гаврилова*, М. В. Темирбаева**
*Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Омск, Россия
**Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова,
г. Павлодар, Республика Казахстан

В Доктрине продовольственной безопасности обозначена главная задача, поставленная перед российской молочной отраслью – довести долю отечественной молочной продукции в общем товарном ресурсе до 90 %. Решение этой задачи возможно лишь после создания необходимой сырьевой базы [1].

Следует отметить, что одним из путей достижения вышеозначенной цели является расширение перспективных технологических трендов по разработке инновационных продуктов переработки сельскохозяйственного сырья, как животного, так и растительного, при этом необходимо обеспечивать пищевую безопасность новых продуктов, т.к. данный вопрос является актуальным во всём мире [2, 3].

К таким трендам можно отнести молочное козоводство и инновационные биотехнологии продуктов на основе молока различных сельскохозяйственных животных и их смесевых композиций.

В настоящее время медленно, но постоянно наблюдается стабильная динамика увеличения мирового производства козьего молока. По данным статистики его ежегодный прирост небольшой и составляет в среднем 2,3 % [4].

Тем не менее, интерес населения к продуктам из козьего молока, с каждым годом возрастает [5]. В России постепенно развивается племенная база козоводства, появились крупные промышленные и племенные фермы, средние и мелкие фермерские хозяйства, то есть молочное козоводство формируется, как самостоятельная отрасль животноводства [6, 7].

Учёные и специалисты так же уделяют значительное внимание исследованию молока кобыл с целью его использования в производстве продуктов детского питания [8, 9].

Аналогичная ситуация наблюдается в Республике Казахстан. Утверждена государственная программа развития агропромышленного комплекса РК на 2017-2021 годы, в которой значительное внимание уделено развитию молочного животноводства. Статистические данные о численности коз в РК в динамике, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Численность коз в Республике Казахстан, голов

РК (в целом и в Павлодарской области)	Все категории хозяйств				
	2013 г	2017 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
РК, в целом	2421811	2334470	2314275	2266319	2232872
Павлодарская область	74246	67077	64991	70023	69779

В 2017 г. от указанного в таблице 1 поголовья коз получено всего в Республике Казахстан 1329203,4 т козьего молока, в т.ч. по Павлодарской области 39719,87, что является сырьевым резервом для расширения объема производства молочных продуктов для специального питания.

Учитывая вышеизложенное, в рамках устойчивой тенденции роста межгосударственного и регионального партнёрства, усиления политики импортно-экспортного сотрудничества России и Казахстана [10] является актуальным проведение совместных исследований учёных Омского ГАУ и ПГУ им. С. Торайгырова по разработке биотехнологий функциональных продуктов на основе козьего молока.

Пробы молока отбирались в КХ «Потанино» Павлодарской области, где содержатся коровы симментальской породы, козы альпийской породы, лошади казахской породы.

Объектами исследования являлись:

– молоко козье сырое по ГОСТ 32940-2014;
– молоко коровье сырое по ГОСТ 31449-2013;
– молоко кобылье сырое по ГОСТ Р 52973-2008;
– бактериальный концентрат БК-Углич-СТБНВ по ТУ 9229-074-04610209-2003.

Молоко отбиралось в летний и осенний период (2017 г.). На месте отбора проб проводилась двойная очистка и термизация молока, разлитого а стерильные флаконы для транспортировки в лабораторию университета.

Все исследования проводились в 3-5-ти кратной повторности. В работе использовались стандартные методы определения химических и физических показателей молока сырого. После математико-статистической обработки результаты представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица № 2 – Химический состав объектов исследования

Объекты исследования	Сухие вещества	В том числе, %				
		жир	белки	в том числе, %		лактоза
				казеин	сывороточные белки	
Молоко коровье сырое	12,50±1,10	3,90±0,20	3,24±0,15	2,41±0,10	0,83±0,05	4,3±0,1
Молоко козье сырое	12,90±1,41	4,50±0,32	3,05±0,11	2,60±0,10	0,45±0,05	4,5±0,1
Молоко кобылье сырое	10,70±0,11	1,74±0,16	3,49±0,12	2,20±0,10	1,29±0,05	4,6±0,1

Таблица 3 – Физико-химические и органолептические показатели объектов исследования

Объекты исследования	Температура замерзания, °С	Плотность, кг/м^3 при t=20 °С	Кислотность		Органолептические показатели
			титруемая, °Т	активная, ед. pH	
Молоко коровье сырое	–0,529	1027	17,0±0,5	6,67	Консистенция однородная, вкус чистый, цвет белый с желтоватым оттенком
Молоко козье сырое	–0,529	1028	19,0±0,5	6,59	Консистенция однородная, вкус и запах слегка специфичный, цвет белый с желтым оттенком
Молоко кобылье сырое	–0,529	1032	6,0±0,5	6,77	Однородная жидкость, вкус сладковатый, цвет белый с голубоватым оттенком

Комплексный анализ химического состава, физико-химических и органолептических показателей объектов исследования – молока коровьего, козьего и кобыльего (таблицы 2, 3) позволяет считать, что полученные данные в основном отвечают требованиям ГОСТа и данные виды молока-сырья могут быть использованы в технологических процессах производства молочных продуктов, как самостоятельно, так и в виде смесевых композиций.

Так как основными факторами в производстве кисломолочных продуктов для специализированного питания являются: термоустойчивость молока-сырья; влияние температуры пастеризации на химические свойства молока-сырья, то на следующем этапе исследований определялись технологические свойства объектов.

Результаты определения термоустойчивости объектов исследований приведены в таблице 4.

Таблице 4 – Показатели термоустойчивости объектов исследований

Объекты исследования	Температура, °С	Время выдержки, мин	Группа
Молоко коровье сырое	85	1,0	IV
Молоко козье сырое	120	2,0	II
Молоко кобылье сырое	124	2,0	II

Результаты изучения влияния различных температурных режимов пастеризации: длительной (65±2 °С), выдержка (25±2) мин, кратковременной при двух режимах (72±2) °С и (82±2) °С, результаты определения химических показателей объектов исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Влияние режима тепловой обработки на химические свойства объектов исследований

Объекты исследования	Температура пастеризации, °С					
	65±2		72±2		82±2	
	Кислотность					
	титруемая, °Т	активная, ед. pH	титруемая, °Т	активная, ед. pH	титруемая, °Т	активная, ед. pH
Молоко коровье сырое	17,0±0,5	6,59±0,01	16,0±0,5	6,72±0,01	16,5±0,2	6,56±0,01
Молоко козье сырое	17,0±0,5	6,67±0,05	16,0±0,5	6,75±0,5	16,5±0,2	6,61±0,01
Молоко кобылье сырое	6,0±0,5	6,77±0,03	5,6±0,5	6,79±0,5	5,2±0,2	6,79±0,01

Анализ органолептических и химических показателей молока различных сельскохозяйственных животных подвергнутого тепловой обработке (пастеризации) при различных температурных режимах позволяет считать технологические свойства всех объектов соответствующими нормативным требованиям, предъявляемым к молоку-сырью для производства кисломолочных продуктов.

Для изучения процесса биоферментации молока различных сельскохозяйственных животных был выбран бактериальный концентрат БК-Углич-СТБНВ (бактериальная формула: $Т_сП_б$) с видовым составом культур Streptococcus thermophilus и Lactobacillus bulgaricus (количество жизнеспособных клеток не менее 10 млрд. КОЕ), температура ферментации 39-40 °С.

Характеристика полученных в результате ферментации продуктов представлена в таблице 6.

В результате анализа научно-технической литературы и опытных данных можно сделать следующие выводы:

– экспериментально установлены химические, физико-химические и органолептические показатели молока сельскохозяйственных животных, которые соответствуют требованиям ГОСТа;

– определено влияние различных температурных режимов на химические показатели молока сельскохозяйственных животных;

– изучен процесс ферментации объектов исследования, что позволяет использовать их в биотехнологических процессах при разработке инновационных технологий [11, 12] продуктов на основе козьего молока для специализированного питания.

Таблица 6 – Микробиологические и органолептические показатели ферментированных продуктов

Объекты исследования	Общее количество молочнокислой микрофлоры, КОЕ/см^3	Органолептические показатели
Ферментированный продукт на основе коровьего молока	$6{,}5 \cdot 10^8$	Консистенция однородная, вкус кисломолочный, цвет белый с кремовым оттенком
Ферментированный продукт на основе козьего молока	$5{,}4 \cdot 10^8$	Консистенция однородная, вкус кисломолочный со слабым специфическим привкусом козьего молока, цвет белый с кремовым оттенком
Ферментированный продукт на основе кобыльего молока	$4{,}8 \cdot 10^7$	Консистенция неоднородная, сгусток хлопьевидный, вкус кисломолочный, цвет белый с голубоватым оттенком

Список литературы

1. Рыбалова, Т. И. Молочный сектор России: итоги года / Т. И. Рыбалова // Молочная промышленность. – 2017. – № 12. – С. 4–7.
2. O'Brien, S. J. Foodborne Diseases: Prevalence of Foodborne Diseases in Europe / S. J. O'Brien // Encyclopedia of Food Safety. – 2014. – № 1. – P. 302–311.
3. Sockett, P. Foodborne Diseases: Prevalence of Foodborne Diseases in North America / P. Sockett // Encyclopedia of Food Safety. – 2014. – № 1. – P. 276–286.
4. Рыбалова, Т. И. Полюбите козий сыр / Т. И. Рыбалова // Сыроделие и маслоделие. – 2017. – № 4. – С. 30–34.
5. Фелик, С. В. Разработка специализированного питания на основе козьего молока / С. В. Фелик, Т. А. Антипова, Г. М. Лесь // Переработка молока. – 2012. – № 10. – С. 60–61.
6. Григорян, Л. Н. Развитие племенной базы молочного козоводства в России / Л. Н. Григорян, С. А. Хататаев // Молочная промышленность. – 2015. – №. 7. – С. 58–59.
7. Кожанов, Т. Козоводство в масштабах страны / Т. Кожанов // Молочная промышленность. – 2015. – № 6. – С. 64.
8. Антипова, Т. А. Исследование молока кобыл с целью использования в производстве продуктов детского питания / Т. А. Антипова [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 12. – С. 63–64.
9. Канарейкина, С. Г. Кобылье молоко – сырье для производства кисломолочного напитка / С. Г. Канарейкина, И. И., Гареева, В. И. Канарейкин // Молочная промышленность. – 2017. – № 12. – С. 65–66.
10. Ушачёв, И. Г. Отечественная продовольственная безопасность в условиях межгосударственной и региональной интеграции // Продовольственная независимость России. Том 1 / Под ред. академика РАН А.В. Гордеева. – ООО «Технология ЦД», – М., 2016. – С. 49–79.
11. Гаврилова, Н. Б. Некоторые аспекты разработки биотехнологии творожных продуктов на основе козьего молока / Н. Б. Гаврилова, М. В. Темербаева // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – № 4 (47). – С. 27–32.
12. Гаврилова, Н. Б. Биотехнологические аспекты производства творожного продукта на основе козьего молока / Н. Б. Гаврилова, М. В. Темербаева // Вестник Омского ГАУ. – 2017. – № 3 (27). – С. 143–149.

УД 637.134:602.4

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА

Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская
Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, г. Омск, Россия

Одной из важных причин нарушения статуса питания населения является недостаток в пищевом рационе биологически активных компонентов, числе которых белки животного происхождения (15–20 % от рекомендуемых норм потребления). Кроме того, неблагополучное экологическое состояние, активное употребление антибиотиков и синтетических препаратов, стрессовые ситуации и другие факторы вызывают дисбаланс пищеварения и нарушение обмена веществ, что ослабляет тонус организма человека и приводит к развитию заболеваний [1, 2].

В связи с этим разработка новых продуктов для специализированного питания, включающих про - и пребиотики, обладающих иммуномодулирующей активностью и снижающих риск воздействия неблагоприятных факторов, является одним из приоритетных направлений представленных в распоряжении правительства РФ «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года». Современные технологии производства таких продуктов базируются на использовании как традиционного, так и нетрадиционного видов сырья, новых способах и методах его обработки, применении высокотехнологичного оборудования [3, 4, 5, 6].

Главным фактором для здоровья человека является баланс кишечной микрофлоры. Известные технологии производства творожных продуктов не способны полностью учитывать физиологические особенности пищеварительного процесса человека, в результате чего эффективность их деятельности снижается. Таким образом, в настоящее время актуальна разработка методов защиты клеток пробиотических культур в неблагоприятных условиях продукта и желудочно-кишечного тракта человека [7, 8, 9, 10].

Учитывая вышеизложенное, разработка биотехнологии творожного продукта, функциональные свойства которого обеспечиваются за счет совместного использования ассоциаций пробиотических культур и пребиотических ингредиентов является актуальным направлением научных исследований.

Цель исследований заключается в теоретическом и экспериментальном обоснование технологии творожного продукта для специализированного питания.

Основным сырьем для производства творожного продукта является пахта, содержащая в своем составе витамины А, Е, К, B_1, B_2, B_6, С, Н, белки, лецитин и другие вещества. Для ферментации разработана биодобавка, состоящая из ассоциации пробиотических культур Bifidobacterium longum, Bifidobacterium bifidum, Bifidobacterium infantis, Streptococcus thermophilus, иммобилизованных в раствор биополимера, состоящего из смеси желатина, пектина и каррагинана методом наслаивания. Биодобавка обогащает продукт жизнеспособной пробиотической микрофлорой, активизирующей развитие индигенной иммунной микрофлоры человека. В качестве функционального ингредиента исследована биологически активная добавка «Наш лецитин», способствующая усвоению жирорастворимых витаминов А, D, Е и К, требуемых для питания всех клеток организма, снижению уровня холестерола и концентрации жирных кислот в крови. Для улучшения органолептических показателей и повышения пищевой и биологической ценности продукта использовался сироп из ягод жимолости богатый витаминами А, С и В, макро- и микроэлементами (кальций, фосфор, медь, калий, йод и магний), пектиновыми и дубильными веществами. Производство творога осуществляется методом нанофильтрации, что позволяет получать продукт с высокой пищевой и биологической ценностью за счёт концентрации сывороточных белков и фосфолипидов молока. Кроме того, нанофильтрация позволяет получать творог с массовой долей сухих ве-

ществ (22,0±1,0) % с повышенным содержанием белка и пониженным содержанием ионов Na+ и К+.

Характеристика творожного продукта представлена в таблицах 1-3.

Таблица 1 – Органолептические показатели творожного продукта

Наименование показателей	Характеристика
Внешний вид, консистенция	Мягкая, мажущаяся
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный. В меру сладкий, с привкусом и запахом наполнителя
Цвет	Обусловлен цветом наполнителя, равномерный по всей массе

Таблица 2 – Физико-химические показатели творожного продукта

Наименование показателей	Характеристика и норма
Массовая доля сухих веществ, %	33,0±1,0
Массовая доля жира, %	3,0±0,5
Массовая доля белка, %	18,3±0,2
Массовая доля углеводов, %	11,7±0,2
Активная кислотность, pH	4,26±0,05

Таблица 3 – Микробиологические показатели творожного продукта

Наименование показателей	Характеристика
БГКП в 0,01 г	Не допускаются
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы в 25 г продукта	Не допускаются
Стафилококки S.aureus в 0,1 г продукта	Не допускаются
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ/г, не менее в т.ч. бифидобактерии, КОЕ/г, не менее	$1 \cdot 10^8$ $1 \cdot 10^6$
Дрожжи, КОЕ/г, не более	50
Плесени, КОЕ/г, не более	50

Совокупность представленных данных свидетельствует о том, что новый творожный продукт обладает высокими органолептическими показателями, пищевой и биологической ценностью, а также концентрацией пробиотических микроорганизмов, соответствующих требованиям ГОСТ .

Новизна производства продукта для специализированного питания отражена в заявке на изобретение (№ 2017122318/10 (038607) «Композиция для получения творожного продукта»). Для реализации технологии в производстве разработан пакет нормативной документации.

Технологический процесс производства творожного продукта представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Блок-схема технологического процесса производства творожного продукта

Таким образом, экспериментальные исследования и их анализ позволяют сделать выводы:

– пахта, ценный источник сырья, обогащает продукт витаминами и ценными фосфолипидами молока, которые являются основным питанием всей нервной системы человека;

– использование функциональной биодобавки обеспечивает высокий клеточный уровень пробиотической микрофлоры в готовом продукте. Иммобилизация закваски обеспечивает условия для защиты пробиотических микроорганизмов на всех этапах технологического процесса производства продукта;

– внесение биологически активной добавки «Наш лецитин» позволяет получить продукт с высокой биологической ценностью и функциональными свойствами;

– производство творога методом нанофильтрации, повышает пищевую и биологическую ценность продукта за счет высокого содержания фосфолипидов, в частности лецитина;

– сироп ягод жимолости обогащает продукт витаминами С и группы В, минералами, органическими кислотами, что позволяет использовать его в функциональном питании.

Список литературы

1. Обоснование уровня обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В. М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. –2010. – Т. 79, № 1. – С. 23–33.

2. Токаев, Э. С. Разработка нового синбиотического пищевого продукта с высоким содержанием бифидобактерий / Э. С. Токаев, А. А. Максимов // Вопросы питания. – 2009. – Т. 78, № 2. – С. 39–41.

3. Самойлов, В. А. Кисломолочные продукты с пробиотической активностью / В. А. Самойлов, В. Ш. Саян, П. Г. Нестеренко // Переработка молока. – 2007. – № 11. – С. 26–27.

4. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года. Утверждены распоряжением правительства РФ от 25 октября 2010 г. № 1873-р.

5. Гаврилова, Н. Б. Научные и практические основы биотехнологии молочных и молокосодержащих продуктов с использованием иммобилизации клеток микроорганизмов: монография / Н. Б. Гаврилова, О. А. Гладилова, Н. Л. Чернопольская. – Омск: Изд-во «Вариант-Омск», 2011. – 184 с.

6. Гаврилова, Н. Б. Научно-экспериментальное обоснование рецептуры специализированного продукта для питания спортсменов, обогащённого пробиотическими микроорганизмами / Н. Б. Гаврилова, М. П. Щетинин, Н. Л. Чернопольская // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 5. – С. 22–28.

7. Петрова, Е. И. Специализированный продукт для спортивного питания / Е. И. Петрова, Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская // Пищевая промышленность. – 2013. – № 10. – С. 84–85.

8. Вотинцев, Ю. П. Использование иммобилизованных культур пробиотических микроорганизмов в производстве творожного продукта / Ю. П. Вотинцев, Н. Б. Гаврилова, Н. Л. Чернопольская // Вестник Алтайской науки. – 2015. – № 1. – С. 345–348.

9. Gauri Aeron. Immobilization and microencapsulation / Gauri Aeron, Shiwangi Morya // Journal of Advanced Research in Biotechnology. – 2017. – Vol. 2(3). – P. 1–4. Available at: https://symbiosisonlinepublishing.com/biotechnology/biotechnology29.php.

10. Mendoza-Madrigal, A. G. Viability kinetics of free and immobilized bifidobacterium bifidum in presence of foodsamples under gastrointestinal in vitro conditions / A. G. Mendoza-Madrigal [et al.] // Mexican Journal of Chemical Engineering. – 2017. – Vol. 16, no. 1. – P. 159–168. Available at: http://www.redalyc.org/pdf/620/62049878016.pdf.

УДК 637.1:543.645.6

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ С β-ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ НА АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ПЕПТИДОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ МОЛОКА

Т. Н. Головач*, Е. И. Тарун**
*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь
**Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Ферментативные гидролизаты белков молока являются потенциальным источником биологически активных пептидов с антиоксидантным, антимутагенным, гипотензивным, антимикробным, иммуномодулирующим и др. действием. [1] Для получения гидролизованного белкового компонента с требуемыми свойствами (молекулярно-массовым распределением и функциональными характеристиками) используют различные протеолитические ферменты [2]. В качестве белковых субстратов применяют концентраты белков молока (казеиновой и сывороточной фракций). Наиболее доступным является белковое сырье, полученное в результате переработки молочной сыворотки – побочного продукта производства сыра и казеина [3].

Следует особо отметить, что белковые гидролизаты обладают выраженной горечью; это ограничивает их применение как компонента продуктов питания. Горечь пептидов обусловлена, главным образом, составом аминокислот и их полярностью. Основными аминокислотами, придающими пептидам горький вкус, являются фенилаланин, триптофан, тирозин, изолейцин, пролин и гистидин [4, 5].

Циклодекстрины (ЦД) – циклические олигосахариды, состоящие из 6 (α-ЦД), 7 (β-ЦД), 8 (γ-ЦД) и более глюкопиранозных остатков, соединенных α-(1,4)-связями. Для них характерна специфическая конусообразная пространственная структура, включающая гидрофобную полость. В связи с этим ЦД обладают способностью формировать комплексы включения (клатраты) с различными соединениями [6]. Клатраты отличаются лучшей растворимостью, устойчивостью к воздействию химических и физических факторов, биодоступностью и переносимостью по сравнению с исходными лекарственными препаратами. Кроме того, при образовании комплексов циклических олигосахаридов с «горькими» пептидами и аминокислотами достигается улучшение их вкусовых качеств [7, 8].

При недостаточном поступлении антиоксидантов и избытке свободных радикалов в организме наблюдается свободнорадикальное повреждение липидов мембран, белков, нуклеиновых кислот и др. макромолекул. Рацион питания должен быть обогащен продуктами с антиоксидантным потенциалом или дополнен специальными биологически активными компонентами [9]. По данным литературы изучены радикал-восстанавливающие свойства природных антиоксидантов (рутина, куркумина, катехина и кофейной кислот), а также их комплексов включения с ЦД [10–13].

Антиоксидантная активность белковых макромолекул и пептидов связана с восстанавливающими свойствами аминокислотных радикалов гистидина, метионина, тирозина и триптофана. С использованием различных методических подходов для гидролизатов отмечено возрастание антирадикального потенциала относительно нерасщепленных белков молока [14, 15].

В целом, образование комплексов включения с циклодекстринами приводит к уменьшению горечи пептидов [7, 8], однако не установлено влияние комплексообразования на биологические активности пептидов. Актуальность исследований обусловлена необходимостью усовершенствования технологий получения ферментативных гидролизатов белков молока со сниженной горечью, заданными физико-химическими, органолептическими и биологически активными свойствами (в частности, антирадикальным действием).

Цель исследования – получение биологически активных комплексов включения β-циклодекстрина с пептидами белков молочной сыворотки, обладающих улучшенными органолептическими свойствами. Объекты исследования – экспериментальные образцы комплексов включения β-ЦД с пептидами сывороточных белков молока. Предметом исследования являлись органолептические свойства и антиоксидантная активность экспериментальных образцов клатратов.

Материалы и методы. В работе использовали β-циклодекстрин (β-ЦД) производства Roquette (Франция) и гидролизат белков молочной сыворотки Peptigen IF 3080 WPH производства Arla Foods Ingredients Group (Дания) с массовой долей белка 80 % и степенью гидролиза 22–28 %, содержащий до 99,9 % фракции с молекулярной массой <10 кДа.

Готовили растворы, содержащие 3 % β-ЦД и 5 % пептидов (1-я серия), 5 % β-ЦД и 5 % пептидов (2-я серия); полученные растворы инкубировали в течение 4 ч при температуре 25 и 50 °С, а также постоянном перемешивании (200 об/мин). Оценку органолептических свойств жидких образцов клатратов проводили согласно методике, описанной в работе [7]. При дегустации 5 % раствор гидролизата использовали в качестве контроля. Образцы клатратов лиофильно высушивали.

Для ВЭЖХ-анализа применяли хроматограф Agilent 1100 производства «Agilent» (США), разделение белков и пептидов осуществляли на колонке Zorbax–300SB C8 (4,6×250 мм, 5 мкм) производства «Agilent» (США). Колонку уравновешивали 0,1 % водным раствором трифторуксусной кислоты. Элюцию белков и пептидов проводили с использованием линейного градиента ацетонитрила 0–50 % при 25 °С в потоке 1,0 мл/мин в течение 45 мин. Детекцию осуществляли при длине волны 214 и 280 нм. Изучение молекулярно-массового состава пептидов гидролизата проводили с применением прибора Bruker Microflex производства Bruker (США).

Антиоксидантную активность образцов оценивали с использованием флуориметрического метода (ORAC, Oxygen Radical Absorbance Capacity), который заключается в подавлении флуоресценции флуоресцеина в результате его окисления кислородными радикалами и ингибировании этого процесса антиоксидантами. В настоящей работе применяли методику, описанную в статье Е. И. Тарун (2014) [16]. Результаты независимых опытов отражены как среднее арифметическое значение ± доверительный интервал. Достоверность различий между выборками экспериментальных данных устанавливали методом доверительных интервалов.

Результаты и их обсуждение. Согласно результатам ВЭЖХ и масс-спектрометрическим исследованиям гидролизат Peptigen IF 3080 WPH представлен пептидами белков молочной сыворотки (фракцией с молекулярной массой <10 кДа), что соответствует показателям, заявленным изготовителем.

Однако в связи с высокой степенью расщепления белковых субстратов, что обусловливает экспонирование специфических аминокислот (пролина, гистидина, изолейцина, фенилаланина, триптофана и тирозина), указанный образец обладает выраженным горьким вкусом.

Для улучшения вкусовых качеств получены комплексы включения β-ЦД с пептидами согласно описанной выше методике. Установлено влияние комплексообразования с β-ЦД на органолептические показатели и антиоксидантную активность гидролизата сывороточных белков Peptigen IF 3080 WPH.

Характеристика опытных образцов клатратов представлена в таблице. В случае гидролизата сывороточных белков (ГСБ) показана хорошая растворимость при 25 °С и выраженный горький вкус (10 баллов). Образцы, полученные при 25 °С, обладали умеренной горечью (6–8 баллов) и частичной растворимостью. Увеличение растворимости β-ЦД и значительное снижение горечи пептидов до 3–4 баллов, или 30–40 % по сравнению с контрольным образцом гидролизата Peptigen IF 3080 WPH, достигнуто в системе, предполагающей инкубирование при 50 °С.

Таблица 1 – Описание экспериментальных образцов комплексов β-ЦД с пептидами

Описание образца, условия образования комплекса (Т, ºС)	Растворимость	Уровень горечи, баллы
5 % ГСБ (контроль)	Прозрачный раствор при 25 °С	10
5 % ГСБ + 3 % ЦД (25)	Прозрачный раствор с небольшим количеством осадка при 25 °С	8
5 % ГСБ + 5 % ЦД (25)	Мутный раствор с осадком при 25 °С	6
5 % ГСБ + 3 % ЦД (50)	Прозрачный раствор при 50 °С	4
5 % ГСБ + 5 % ЦД (50)	Прозрачный раствор при 50 °С	3

На следующем этапе оценена антиоксидантная активность клатратов β-ЦД с пептидами и исходного гидролизата Peptigen IF 3080 WPH. Согласно полученным экспериментальным данным строили графики зависимости интенсивности флуоресценции от содержания пептидов (количества белка) в анализируемых образцах. Далее определяли значение показателя IC_{50}, который соответствует 50 % ингибированию флуоресценции.

Результаты сравнительного исследования антирадикального потенциала образцов комплексов включения и исходного гидролизата отражены на рисунке. Достоверное возрастание ингибирования свободнорадикального окисления флуоресцеина по сравнению с пептидами отмечено для всех образцов клатратов.

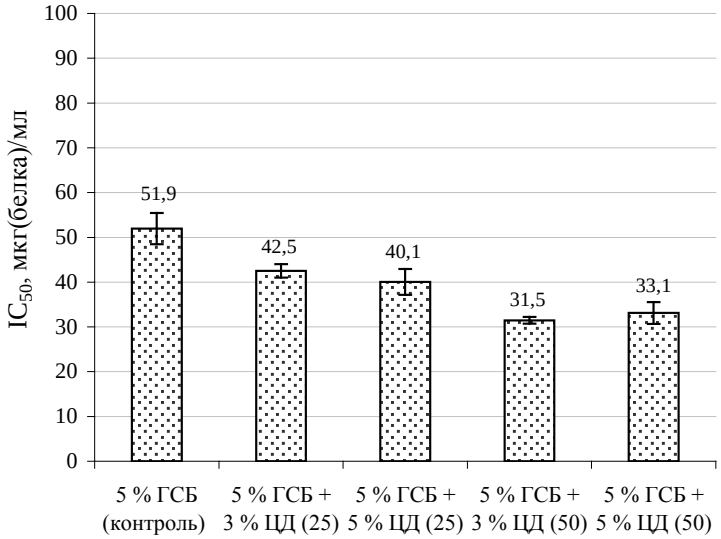


Рисунок 1 – Характеристика антиоксидантных свойств исходного гидролизата и образцов клатратов β-ЦД с пептидами

Значения IC_{50} для образцов клатратов, полученных при температуре 25 °С, достигали 40,1–42,5 мкг/мл, тогда как при повышении температуры до 50 °С – 31,5–33,1 мкг/мл, что в 1,3 и 1,6 раза соответственно меньше показателей, установленных для исходного гидролизата. В целом, максимальная антиоксидантная активность характерна для комплексов включения β-ЦД с пептидами, полученных при 50 °С.

Согласно литературным источникам [7, 8] и собственным экспериментальным данным показано снижение горечи клатратов β-ЦД с пептидами. Наряду с этим, получены новые данные о биологически активных свойствах комплексов включения, в частности: установлено возрастание антиоксидантного потенциала пептидов сывороточных белков в составе клатратов β-ЦД.

Заключение. Охарактеризованы органолептические и антиоксидантные свойства опытных образцов клатратов β-ЦД с пептидами белков молочной сыворотки. При содержании 5 % циклического олигосахарида и 5 % пептидной фракции и нагревании до 50 °С достигнуто существенное уменьшение горечи и растворение компонентов системы. С применением

флуориметрического метода для клатратов β-ЦД с гидролизатом, изготовленных при 50 °С, показано увеличение антирадикальных свойств в 1,6 раза по сравнению с исходными пептидами.

Авторы выражают благодарность к. б. н., доценту, заведующему лабораторией прикладных проблем биологии биологического факультета Белорусского государственного университета (г. Минск) В. П. Курченко и д. т. н., профессору РАН, директору ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности» (г. Москва) Д. В. Харитонову за советы и ценные замечания при работе над данной статьей.

Список литературы

1. Sánchez, A. Bioactive peptides: A review / A. Sánchez, A. Vázquez // Food Qual. Safet. – 2017. – Vol. 1, № 19. – P. 29–46. DOI: 10.1093/fqs/fyx006.

2. Evaluation of antimutagenic and antifungal properties, parameters of acute toxicity and sensitizing activity of enzymatic whey protein hydrolysate / T.N. Golovach [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 38–47. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-2-38-47.

3. Schaafsma, G. Safety of protein hydrolysates, fractions thereof and bioactive peptides in human nutrition: A Review / G. Schaafsma // Eur. J. Clin. Nutr. – 2009. – Vol. 63. – P. 1161–1168. DOI: 10.1038/ejcn.2009.56.

4. Hydrophobicity of bitter peptides from soy protein hydrolysates / M.J. Cho [et al.] // J. Agric. Food Chem. – 2004. – Vol. 52, № 19. – P. 5895–5501. DOI: 10.1021/jf0495035.

5. Zhao, C. J. Formation of taste-active amino acids, amino acid derivatives and peptides in food fermentations – A review / C .J. Zhao, A. Schieber, M. G. Gänzle // Food Res. Int. – 2016. – Vol. 89, № 1. – P. 39–47. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.042.

6. Szente, L. Cyclodextrins as food ingredients / L. Szente, J. Szejtli // Trends Food Sci. Technol. – 2004. – Vol. 15, № 3–4. – P. 137–142. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.019.

7. Taste modification of amino acids and protein hydrolysate by α-cyclodextrin / G.A. Linde [et al.] // Food Res. Int. 2009. Vol. 42. P. 814–818. DOI:10.1016/j.foodres.2009.03.016.

8. The use of 2D NMR to study β-cyclodextrin complexation and debittering of amino acids and peptides / G.A. Linde [et al.] // Food Res. Int. – 2010. – Vol. 43. – P. 187–192. DOI:10.1016/j.foodres.2009.09.025.

9. Rattan, S. I. Theories of biological aging: genes, proteins, and free radicals / S. I. Rattan // Free Radic. Res. – 2006. – Vol. 40, № 12. – P. 1230–1238. DOI: 10.1080/10715760600911303

10. An investigation into the supramolecular structure, solubility, stability and antioxidant activity of rutin/cyclodextrin inclusion complex / T.A. Nguyen [et al.] // Food Chem. – 2013. – Vol. 136. – P. 186–192. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.07.104.

11. Curcumin nanoformulations: A review of pharmaceutical properties and preclinical studies and clinical data related to cancer treatment / O. Naksuriya [et al.] // Biomaterials. – 2014. – Vol. 35. – P. 3365–3383. http://dx.doi.org/10.1016/j.biomaterials.2013.12.090.

12. Formation of inclusion compounds of (+)catechin with β-cyclodextrin in different complexation media: spectral, thermal and antioxidant properties / O.V. Junior [et al.] // J. Supercrit Fluids. – 2017. – Vol. 121. – P. 10–18. https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.06.005.

13. Effect of antioxidant activity of caffeic acid with cyclodextrins using ground mixture method / R. Shiozawa [et al.] // Asian J. Pharm. – 2018. – Vol. 13, № 1. – P. 24–33. https://doi.org/10.1016/j.ajps.2017.08.006.

14. Preparation of antioxidant enzymatic hydrolysates from alpha-lactalbumin and beta-lactoglobulin. Identification of active peptides by HPLC-MS/MS / B. Hernández-Ledesma [et al.] // J. Agric. Food Chem. – 2005. – Vol. 53, № 3. – P. 588–593. DOI: 10.1021/jf048626m.

15. O'Keeffe, M. B. Antioxidant effects of enzymatic hydrolysates of whey protein concentrate on cultured human endothelial cells / M. B. O'Keeffe, J. R. FitzGerald // Int. Dairy J. – 2014. – Vol. 36, № 2. – P. 128–135. DOI: 10.1016/j.idairyj.2014.01.013.

16. Тарун, Е. И. Сравнение антиоксидантных активностей галловой, кофейной и хлорогеновой кислот / Е. И. Тарун // Труды БГУ. – 2014. – Т. 9, ч. 1. – С. 186–191. http://elib.bsu.by/handle/123456789/121910.

УДК 637.5

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ

Г. В. Гуринович*, Я. М. Узаков**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан

Мясная промышленность является одной из приоритетных отраслей материального производства, от состояния и потенциала которой во многом зависит продовольственная безопасность страны. Согласно Доктрине продовольственной безопасности РФ, самообеспеченность РФ мясом должна быть не менее 85 %. Впервые минимальный порог продовольственной независимости по мясу был превышен в 2015 году. Развитие мясной промышленности – актуальная задача для всех регионов, так как мясо и мясные продукты относятся к социально значимым продуктам, являясь основным источником биологически полноценного белка. Мясные продукты это изделия повседневного спроса населения, ориентированные на различные группы населения [1, 2].

Вместе с тем в последние годы работа предприятий отрасли происходит в осложненных условиях, обусловленных рядом причин. К ним, в первую очередь, относятся реализация государственной программы импортозамещения, снижение доходов населения, а следовательно, покупательской способности, изменения в структуре перерабатываемого сырья, которые отражают общемировую тенденцию роста мяса птицы и сокращения красного мяса [3]. Все это обусловливает необходимость изыскания новых путей и решений для обеспечения устойчивых темпов развития как отрасли в целом, так и каждого предприятия и успешности его на рынке.

Приведенные в научно-технической литературе данные анализа структуры рынка мясных продуктов свидетельствуют о том, что в ассортименте большинства отечественных предприятий преобладают колбасные изделия, потребление которых уже в 2014 году достигло физиологической нормы и даже несколько превысило ее. Постоянно высоким остается уровень производства и потребления полуфабрикатов, среди которых на одном из первых мест находятся полуфабрикаты замороженные в тесте [2].

При этом достаточно медленно происходит адаптация предприятий к новым потребностям, связанным с различными сегментами потребительского рынка. К таким продуктам следует отнести продукты здорового, функционального, спортивного питания, изделия, ориентированные на молодежную аудиторию [4]. Последнюю группу представляет, в том числе, снэковая мясная продукция. Согласно оценкам экспертов мясоперерабатывающей промышленности, рынок снэков имеет тенденцию к повышению и является важной частью пищевой отрасли. Рост этого сегмента продукции обусловлен спросом потребителей на удобные в потреблении и питательные мясные продукты.

Из сказанного следует, что в условиях снижения спроса и достаточно ограниченных ресурсов важной задачей для любого предприятия является разработка оптимальной ассортиментной линейки продукции, предназначенной для различных слоев населения.

В решении этих задач возрастает значимость научных исследований, ориентированных на разработку и создание инновационных технологий и рецептур мясных изделий, повышение их качества и расширение ассортимента продукции. При этом в число первоочередных задач входят стабилизация качества мясного сырья, расширение возможностей сырьевой базы, в том числе за счет привлечения новых видов сырья и расширения сферы использования имеющегося, эффективное использование побочных видов сырья.

Значительный интерес с точки зрения изготовления продуктов широкого назначения и ассортимента представляет мясо птицы, которое характеризуется повышенным содержанием легкоусвояемых белков, низким содержанием жира, в то же время более доступное по цене по сравнению с другими видами мяса. По данным Мясного совета Единого экономического

пространства уровень использования мясоперерабатывающими предприятиями мяса птицы в доступном ценовом сегменте составляет около 45 %.

Анализ современных направлений свидетельствует о перспективности производства из мяса птицы готовых к употреблению продуктов, доля которых не превышает 30 %. Увеличение объемов производства продукции этой группы позволит повысить экономическую эффективность производства, заполнить возможные сегменты рынка, ориентированные на разные группы потребителей.

С учетом объемов производства мяса птицы, особенностей морфологического состава отдельных частей и продуктов от разделки, можно наметить несколько актуальных направлений в разработке технологий изделий с использованием мяса птицы. К ним относятся производство изделий с использованием субпродуктов птицы и продуктов их глубокой переработки; производство формованных или прессованных продуктов; производство закусочных продуктов.

Мясо птицы из-за особенностей химического состава является перспективным сырьем для изготовления закусочных продуктов, которые отличаются малой массой и концентрированным содержанием белка.

В группу закусочных продуктов объединяют изделия достаточно широкого ассортимента, включая сырокопченые продукты, сыровяленую продукцию длительного хранения, сухие продукты. В зарубежной практике эти продукты именуются как «ready-to-eat meats» – готовое к употреблению мясо. Продукты этой группы характеризуются высоким содержанием белка при минимизации деструктивных изменений биологических компонентов, что позволяет отнести их к продуктам повышенной пищевой ценности. В группу продуктов «ready-to-eat» входят, в первую очередь, национальные изделия, которые производятся по оригинальным технологиям и имеют давнюю историю и культуру потребления в различных странах (билтонг, джерки, тасайо, килиши), а также современные продукты типа мини-колбаски, мясные хлопья, строганина, чипсы и другие продукты [5, 6].

Спрос на такую продукцию обусловлен возможностью хранения при обычных условиях, удобством в потреблении, что достигается регулированием формы и массы продукции, ее расфасовкой и упаковкой, разнообразием места и времени употребления.

В целях расширения ассортимента изделий из мяса птицы на кафедре технологии мяса и мясных продуктов Кемеровского государственного университета выполнено комплексное исследование, связанное с разработкой инновационной технологии чипсов как и одного из наиболее узнаваемых продуктов среди потребителей.

Особенностью мясных чипсов является отсутствие типовой технологической схемы производства, поэтому многие производители предлагают собственные решения по их производству. Вариации в технологии создаются за счет разных способов подготовки сырья, его посола и тепловой обработки. В одном случае технология базируется на длительном посоле сырья с выдержкой в течение 5–7 суток, с приданием формы продукту (ломтики) уже после окончания тепловой обработки и доведением массовой доли влаги до значений, характерных для сухих продуктов, путем конвективной сушки нарезанных ломтиков, подлежащих на последней стадии охлаждению и упаковке [7]. В соответствии с сокращенной технологической схемой посол мясного сырья для чипсов выполняют в кусках малой массы в течение 12–14 часов, а затем нарезают на ломтики и кратковременно сушат их при повышенной температуре.

В основу разработанной технологии производства чипсов из мяса птицы положен наиболее перспективный способ направленной ферментации, основанный на использовании стартовых культур микроорганизмов. Развитие полезной микрофлоры в ферментируемом сырье обеспечивает формирование выраженных вкусо-ароматических характеристик и цвета. Одновременно создаются условия для подавления развития вредной и нежелательной микрофлоры и, как следствие, повышения уровня безопасности продукции. Такой подход имеет особое значение при изготовлении мясных продуктов с минимальным количеством технологических барьеров, не предусматривающих высокотемпературной обработки.

По предлагаемой технологии чипсы производятся из белого мяса птицы, которое в целях повышения технологичности процесса и снижения количества обезличенного мяса с пониженными технологическими свойствами подвергали предварительному измельчению.

С целью направленной ферментации использованы культуры микроорганизмов серии AiBi®: для быстрой ферментации – *Staphylococcus carnosus, Lactobacillus curvatus*; для быстрой ферментации и придания мясным продуктам аромата и вкуса – *Staphylococcus carnosus, Lactobacillus plantarum, Pediococcus acidilactici*. Микроорганизмы использованных стартовых культур способны продуцировать микробные антибиотики, бактериоцины, обладают выраженной антагонистической активностью в отношении патогенной микрофлоры.

Использование биозащитных культур позволило повысить температуру созревания до +18 °С и сократить продолжительность процесса до 24 часов при условии формирования выраженных ароматических характеристик сырья. Созревание сырья, сформованного в оболочку, способствует уплотнению массы, которое развивается на фоне снижения pH в результате проявления биохимической активности микроорганизмов и отделения свободной влаги. Замораживание батонов после созревания и нарезание ломтиков на слайсере позволяет обеспечить их правильную форму и стандартную толщину, что обеспечивает привлекательный вид и улучшение условий сушки.

Особенностью разработанной технологии является сушка ломтиков в условиях инфракрасного нагрева в вакууме, что способствует не только сокращению процесса, но и исключению образования уплотненного поверхностного слоя, излишней хрупкости и ломкости продукта, высокой пищевой ценности продукта. Массовая доля белка в целевом продукте составляет 60–62 %, массовая доля жира 4–5 %. Суммарное содержание незаменимых аминокислот в продукте изменяется в пределах 38–39 г/100 г белка при высокой сбалансированности состава, а сохранность незаменимых аминокислот составляет 93 %, что выше, чем при конвективной сушке.

Значение показателя активности воды чипсов ИК-сушки в вакууме составляет 0,80, что соответствует области, при которой исключается рост бактерий. Это позволяет хранить продукт при температуре окружающей среды. Однако низкое содержание остаточной влаги подразумевает специальную упаковку с целью предупреждения увлажнения. Это могут быть упаковка в аэробных условиях в полимерные пакеты (типа «дой-пак») и их запайкой; упаковка в многослойные пакеты (Амивак ТВП) в атмосфере модифицированного состава. Срок годности чипсов при температуре +20 °С составляет 30 суток. Целевой продукт характеризуется высокой пищевой ценностью и гарантированным уровнем безопасности, обусловленным использованием совокупности мер по контролю микробиологических рисков на стадиях посола, сушки и упаковки. Расширение ассортиментного ряда чипсов достигается использованием в рецептуре натуральных вкусо-ароматических компонентов, например карри, чеснока, перца и других [8].

Эффективность технологий чипсов с использованием методов биотехнологии подтверждается другими исследованиями [9].

Значительный интерес с точки зрения разработки рецептур и технологий мясных продуктов с оригинальными вкусо-ароматическими свойствами представляют нетрадиционные виды мясного сырья. В регионах, где есть возможность использовать нетрадиционные виды мясного сырья, производят изделия из оленины, мяса лося, кабана. Наиболее рациональным является использование такого сырья для изготовления продуктов деликатесной группы, которые позиционируются в сегменте изделий повышенной потребительской стоимости, так называемые продукты «премиум-группы».

Несомненный интерес в качестве нетрадиционных видов сырья представляет верблюжатина. Она относится к региональным видам сырья и весьма перспективна для республик Средней Азии и ряда регионов Российской Федерации, прежде всего Калмыкии, Астраханской области и др. В Республике Казахстан разработана Концепция развития отрасли верблюдоводства и создана законодательная база для развития увеличения численности высокопродуктивных животных. Высокая мясная продуктивность,

минимальные затраты на содержание и выращивание свидетельствуют о целесообразности производства и использования верблюжатины.

Большой объем исследований с целью рационального использования верблюжатины и разработки широкого ассортимента изделий из этого ценного вида сырья проводится на кафедре технологии продуктов питания Алматинского технологического университета [10, 11]. Работа в этом направлении включает исследования показателей качества сырья, технологических свойств верблюжатины, показателей пищевой и биологической ценности. Экспериментальные данные положены в основу разработки научно обоснованной схемы разделки туш и организацию рациональной промышленной переработки мяса в зависимости от показателей пищевой и технологической ценности. Данные комплексных исследований убедительно свидетельствуют о том, что верблюжатина характеризуется повышенным содержанием белка, сбалансированным аминокислотным составом, низким содержанием жиров и холестерина, поэтому она представляет интерес для производства различных видов продукции как для ординарного, так и специализированного питания, включая функциональное и диетическое питание.

Полученные данные согласуются с данными зарубежных авторов и позволяют говорить о том, что по качеству верблюжатина успешно конкурирует с традиционными видами мяса убойных животных [12, 13].

Список литературы

1. Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации // Аналитический вестник. – 2016. – № 34 (633). – 91 с.

2. Тенденции развития мясной отрасли АПК РФ / А. Б Лисицын [и др.] // Все о мясе. – 2016. – № 1. – С. 3–9.

3. Агроинвестор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.agroinvestor.ru.

4. Жаринов, А. И. Современные тренды ассортимента мясопродуктов / А. И. Жаринов, М. В. Молочников, А. С. Дыдыкин // Мясная индустрия. – 2016. – № 10. – С. 10–15.

5. The physicochemical and microbiological characteristics of pork jerky in comparison to beef jerky / H.-S. Yang [et al.] // Meat Science. – 2009. – Vol. 82 (3). – P. 289–294.

6. Devalakshmi, N. Physico-chemical, sensory and microbial quality of chicken meat chips / N. Devalakshmi, K. P. Reddy, E. N. Mallika // Veterinary World. – 2010. – Vol. 3 (4). – P. 182–184.

7. Патент 11854 BY, МПК A 23L 1/31 Способ производства мясных чипсов. Н. В. Лисовский, В. И. Осипов, Н. А. Гурская, С. А. Разумова и др. № a20060093 ; заявл.02.06.2006 опубл.10.30.2007.

8. Гуринович, Г. В. Новая технология чипсов из белого мяса птицы / Г. В. Гуринович, И. В. Иванов, Л. С. Кудряшов // Мясная индустрия. – 2014. – № 2. – С. 52–54.

9. Прянишников, В. В. Производство снеков «Халяль» из баранины / В. В. Прянишников // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. – 2016. – № 5. – С. 20–24.

10. Узаков, Я. М. Изучение мясной продуктивности молодняка верблюдов казахского бактриана / Я. М. Узаков, А. М. Таева, Л. А. Каймбаева // Мясная индустрия. – 2016. – № 3. – С. 40-42.

11. Таева, А. М. Исследование пищевой ценности верблюжьего мяса как сырья для производства функциональных продуктов / А. М. Таева, Я. М. Узаков // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 9. – С. 89–94.

12. Chemical composition, quality and histochemical characteristics of individual dromedary camel (*Camelus dromedarius*) muscles / I. T. Kadim [et al.] // Meat Science. – 2013. – 93. – P. 564–571.

13. Gheisari, H. R. A comparative study of the biochemical and functional properties of camel and cattle meat during frozen storage / H. R. Gheisari, M. Aminlari, S. S. Shekarforoush // Veterinarski arhiv. – 2009. – Vol. 79. – P. 51–68.

УДК 60:(53.05+57.043)

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРАЙНЕ НИЗКИХ ДОЗ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПИЩЕВЫХ БИОТЕХНОЛОГИЯХ

Т. Н. Данильчук, В. И. Ганина
Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва, Россия

Известно, что физические факторы воздействия в значительной степени влияют на жизнедеятельность биологических объектов [1], в том числе на прохождение биохимических процессов. В природе такими факторам являются температура, свет, давление. В пищевой индустрии развивается направление, связанное с использованием для обработки сырья и продуктов электрофизических способов, для которых характерны безинерционность работы оборудования, сокращение длительности процессов обработки, высокий КПД использования энергии. К электрофизическим факторам принято относить воздействие электромагнитных полей (ЭМП) высокочастотного (ВЧ), сверхвысокочастотного (СВЧ) и инфракрасного (ИК) диапазонов, магнитных полей, электроконтактные (ЭК) методы обработки, электростатические методы обработки, импульсные методы обработки, ультразвуковое (УЗ) воздействие, пульсационные и вибрационные методы обработки, использование лазера, ультрафиолетовую (УФ) обработку, радиационную ионизацию материалов [2, 3]. Выбор воздействующего фактора определяется поставленными целями и задачами. Одним из основных параметров обработки является мощность прилагаемого воздействия – *W*. Достаточно широко применяемые электроочистка, электросепарирование, электропанировка, электрокопчение, диспергирование, эмульгирование, гомогенизация, доведение продукта до кулинарной готовности с использованием СВЧ и ИК нагрева осуществляют при относительно высоких удельных мощностях ($W_{уд}$ от 1,5 до 2,0 кВт/кг) [4].

В работах научных школ академиков Девяткова Н.Д. и Рогова И.А. особо выделены биоэффекты (изменение морфологии клеток, обменные процессы, активность ферментов, скорость роста, увеличение или снижение выживаемости, изменение функциональных процессов в биологических объектах), проявляющиеся при воздействии ЭМП на живые системы. [3, 5]. Для реализации биологического действия физических факторов важным параметром является доза воздействия. Из многочисленных экспериментов, описанных в литературе, следует, что биологические объекты реагируют на физическое воздействие даже при минимальных значениях приложенной мощности и значимые эффекты наблюдаются при весьма низкой интенсивности воздействия. Данному вопросу в научной литературе уделяется значительно меньше внимания, чем тепловым эффектам. Интерпретация результатов биологического действия физических факторов носит разноплановый характер, что связано со сложной структурой биологических систем, содержащих большое количество отрицательных обратных связей, способных поддерживать гомеостаз и стремящихся нивелировать влияние внешних воздействий [6, 7]. Биоэффекты, как правило, выявляются при использовании значений $W_{уд} \leq 10^{-3}$ Вт/см^2, когда исключено повышение температуры объекта более чем на 1 градус, и не зависят от интенсивности воздействия вплоть до тех значений $W_{уд}$, при которых заметным становится тепловой эффект [5].

На данном этапе развития науки и технологий формируется новое научное направление, связанное с использованием исчезающе малых доз различных физических и химических воздействий для интенсификации жизнедеятельности живых систем [8–12]. Авторы настоящей статьи совместно с другими учеными подтвердили эффективность таких воздействий в экспериментах с ферментными системами, микроорганизмами, семенами злаковых культур [7, 13–15].

В научных исследованиях по обработке модельных ферментных систем использовали следующие ферментные препараты:

1) «Амилосубтилин Г 10Х», обладающий амилолитической активностью; в качестве субстрата применяли крахмал.

2) «LAMINEX®BG Glukanase Complex», обладающий цитолитической активностью; в качестве субстрата применяли влажную массу пшеничной клетчатки WF 200.

3) «Карипарин» и «Пепсин говяжий», обладающие протеолитической активностью; в качестве субстрата применяли применяли казеинат натрия.

В качестве основного биологического объекта было выбрано зерно ячменя, предназначенного для проращивания на солод. Значимость этого объекта для исследований обусловлена ценностью его биохимического состава: сбалансированный по аминокислотам белок (8-12 %), крахмал (62-68 %), грубая клетчатка (до 5,2 %), минеральные вещества (2,9 %), липиды (2,4 %), золистые вещества, слизи, ферменты, различные витамины. Ценными являются и проростки ячменя, обладающие целебными свойствами благодаря активности находящихся в их составе витаминов (С, B_{12}, К и провитамина А), а также содержанию микроэлементов (Zn, Cu, Mn, Fe и пр.). Кроме того ячмень – один из основных продуктов для получения солода, необходимого для производства виски и пива, что повышает важность полученный научных результатов для практического применения. Перспективным направлением в пищевой промышленности является использование ячменного солода в производстве различных мучных, кондитерских, булочных и кулинарных изделий. Использовались сорта ячменей «Биос», «Рядовой», «Скарлет», «Одесский -115» с различной способностью прорастания. Объектом исследования служил также солод, полученный из ячменей перечисленных выше сортов.

Объектами экспериментов по влиянию физических факторов низкой интенсивности на свойства микроорганизмов служили штаммы термофильного молочнокислого стрептококка *Streptococcus thermophilus* из коллекции микроорганизмов ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», зарегистрированные во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов: *Str. thermophlus CT-9, Str. thermophlus CT-13* (ВКПМ В-9647), *Str. thermophlus CT-14, Str. thermophlus CT-138 и Str. thermophlus CT-95* (ВКПМ В-7985). Эти культуры являются продуцентами фермента β-галактозидаза и широко применяются в составе заквасок для многих видов молочной продукции: творога и сметаны, различных видов простокваши, йогуртов, про- и синбиотических продуктов.

Для анализа ростовых показателей ячменя и активности гидролитических ферментов использовали методы, широко применяемые в технологии солода и пива [16]. Определяли способность прорастания зерна ($Е_{сп}$), амилолитическую активность (АС), протеолитическую активность (ПА) и степень растворения эндосперма зерна (СР), которая меняется совместным действием протеолитических и цитолитических ферментов. $Е_{сп}$ численно оценивали в процентах по доле семян, проросших на пятые сутки. Величину АС определяли по методу Виндиша-Кольбаха, величину ПА – по методу Ансона, СР – рефрактометрически. Показатели солода, полученного в опытном проращивании, оценивали по отношению к одноименным показателям, полученным в контрольном проращивании. Показатели контрольного образца принимали за 100 %.

При изучении влияния физических факторов низкой интенсивности на жизнедеятельность термофильных молочнокислых стрептококков использовались следующие методы идентификации, контроля и применения пробиотических и молочнокислых микроорганизмов [17]:

– Контроль штамма и заквасок на чистоту проводили микроскопированием окрашенного мазка бактериальной суспензии.

– Количественный учет молочнокислых микроорганизмов проводили в соответствии с ГОСТ 10444.11-89 сразу после внесения закваски (нулевая точка) и после

сквашивания методом предельных разведений в стерильном физиологическом растворе. Питательной средой служило простерилизованное обезжиренное молоко.

– Активную кислотность (pH) молочного сырья и ряженки определяли по ГОСТ 26781-85 с помощью pH-метра (марка pH-метр-150 МА) по прилагаемым к нему инструкциям.

– Титруемую кислотность молочного сырья и ряженки определяли по ГОСТ Р 54669-2011 методом титрования раствором гидроокиси натрия.

– Активность сквашивания определяли фиксированием времени образования сгустка, которое характеризовало активность свертывания молока изучаемой закваской.

– Влагоудерживающую способность сгустков, образованных в ряженке, устанавливали методом центрифугирования аналогично определению влагоудерживающей способности пищевых волокон.

– Для проверки чистоты культуры готовили микроскопический препарат.

– Определение β-галактозидазной активности молочнокислых бактерий проводили по их кислотообразующей активности в молоке путём вычисления образовавшейся в процессе сквашивания молочной кислоты.

В качестве факторов физического воздействия применяли ЭК обработку при пропускании через объект постоянного тока, тока промышленной частоты и переменного тока частотой от 50 до 20000 Гц, а также акустическую обработку объекта в том же диапазоне частот. Для проведения эксперимента выбирали конкретные частоты от 50 до 20000 Гц, начиная с промышленной частоты – 50 Гц, и далее 100, 200… с пошаговым увеличением частоты в 2-2,5 раза при сохранении мощности и длительности воздействия. В экспериментах по ЭК обработке продолжительность воздействия составляла 15 минут, в экспериментах по акустической обработке – 5 минут. Мощности воздействий не превышали 10^{-4} Вт/кг. Выбор ЭК и акустической обработки был обусловлен простой и удобством их использования для генерирования энергии.

Все опыты проводили в 4-5 кратной повторности. Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли с применением метода математической статистики. Значение среднеквадратичного отклонения прямо измеряемой величины рассчитывалось следующим образом:

$$\Delta x_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N}\left(x_i^j - \overline{x}_i\right)^2}{N(N-1)} + \sigma^2_{сист.}}\ , \qquad (1)$$

где $\sigma^2_{сист.}$ - величина систематической ошибки, складывающаяся из ошибки прибора и ошибки округления при измерениях по приборной шкале. Последняя может быть оценена как $\sigma^2_{окр.} = u/\sqrt{12}$, где u – цена деления. Это оправдано центральной предельной теоремой теории вероятностей.

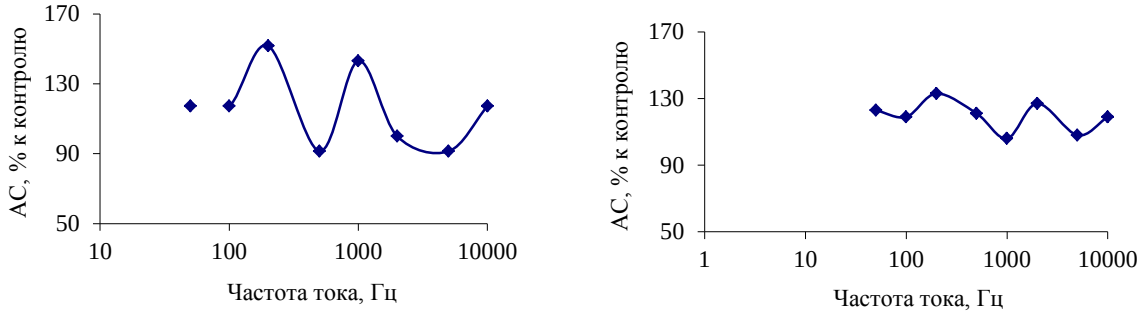
Среднее значение косвенно измеряемой величины вычислялось как

$$\overline{f}(\{x_i\}) = f(\{\overline{x}_i\}), \qquad (2)$$

а среднеквадратичное отклонение косвенно измеряемой величины как

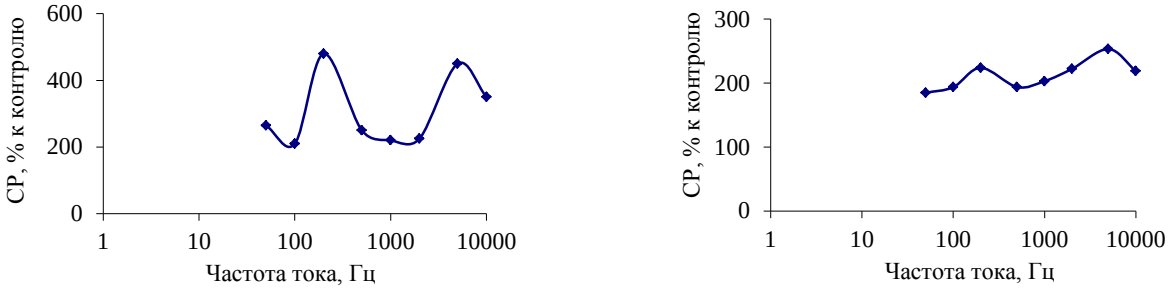
$$\Delta f(\{x_i\}) = \sqrt{\sum_{i=1}^{M}\left(\left.\frac{\partial f}{\partial x_i}\right|_{\overline{x}_i}\Delta x_i\right)^2} \qquad (3)$$

Наблюдали бимодальный характер зависимости ферментативной активности от частоты приложенного воздействия, как в экспериментах с модельными ферментными системами, так и в опытах с зерновками ячменя (см. рисунки 1 и 2). При этом было выявлено практически полное подобие результатов модельных экспериментов с опытами на реальной биологической системе, как по характеру частотных зависимостей, так и по относительной величине полученных эффектов к контролю.



а **б**

Рисунок 1 – Влияние частоты тока на амилолитическую активность: а – ферментного препарата Амилосубтилин Г 10Х (субстрат – крахмал,), б – ячменного солода



а **б**

Рисунок 2 – Влияние частоты тока на цитолитическую активность: а – препарата LAMINEX®BG Glukanase Complex ферментов (субстрат – пшеничная клетчатка WF 200), б – ячменного солода

На основании полученных результатов были научно обоснованы и разработаны технологические схемы, аппаратное оформление непрерывных процессов получения ячменного солода повышенного качества с использованием низкоинтенсивных, низкоэнергозатратных ЭК и акустической обработок. Разработана научная концепция принципиально нового способа модификации биотехнологических процессов совместным действием ферментации и низкоинтенсивных физических факторов, предложено научное и практическое обоснование новых ресурсосберегающих пищевых технологий [13–15].

В опытах по воздействию на зерно ячменя в частотном интервале 50-10000 Гц, когда энергия кванта ($E_{кв}$) колебательных и волновых воздействий не превышала 10^{-10} эВ, а тепловые эффекты были сведены к минимуму, наблюдали аналогии биологического действия ЭК и акустической обработки (см. рисунки 3 и 4). Это позволило предположить, что существует механизм, который определяется не столько природой приложенного воздействия, сколько его переменной составляющей – частотным фактором [18]. Наши результаты находятся в соответствии с исследованиями, проведенными на биологических

объектах другими отечественными и зарубежными учеными [19–23], подтверждающими фундаментальную роль колебательных процессов в жизнедеятельности биосистем.

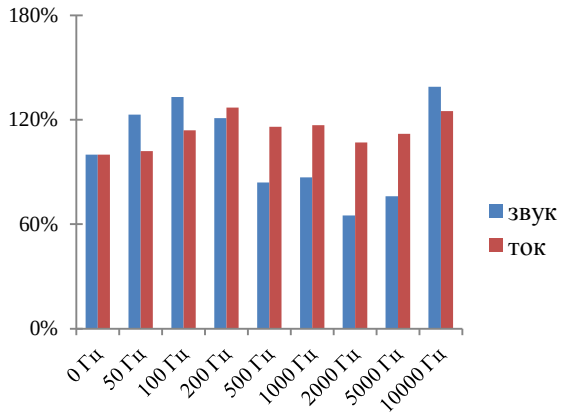


Рисунок 3 – Влияние частоты физического воздействия на АС (% к контролю) ячменного солода

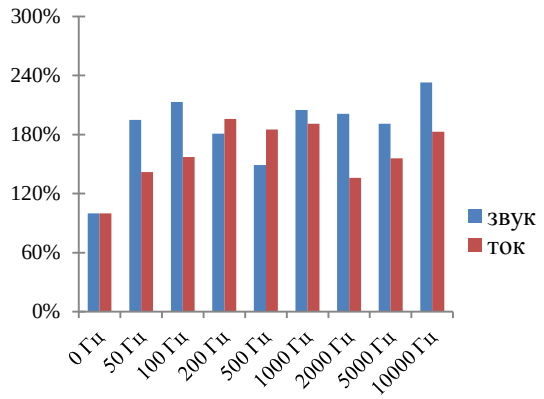


Рисунок 4 – Влияние частоты физического воздействия на ПА (% к контролю) ячменного солода

Из результатов собственных экспериментов и детального анализа литературных данных мы пришли к заключению, что ферментативные реакции гидролиза в живых системах и их соответствующие физико-химические и математические модели в полной мере обладают свойствами с обратной связью. Роль обратной связи в этом случае играет активация процесса продуктом реакции, что и определяет возможность возникновения колебаний в системе химических реакций с участием ферментов. Из анализа многих математических моделей колебательных химических реакций в живых системах следует, что если система в целом обладает колебательными свойствами, то внешнее воздействие колебательного характера любого типа приводит к резонансу, когда оно имеет частоту, по значению, близкую к одной из собственных частот колебаний. При этом амплитуда колебательного воздействия может быть малой. Наблюдаемое в настоящей работе совпадение двух диапазонов частот максимальной активности процессов ферментативного гидролиза в модельных реакциях и максимальной ростовой активности ячменя при действии переменного тока и акустической обработки позволяет сделать вывод о центральной роли структурного резонанса активного ключевого гидролитического фермента с двумя характерными собственными частотами колебаний. Предложена качественная физико-химическая модель ферментативных процессов, чувствительных к внешнему низкоинтенсивному физическому воздействию колебательной природы [24].

Роль частотного фактора воздействия была подтверждена в опытах по модификации процесса сбраживания лактозы с использованием крайне низких доз акустического воздействия. Исследовали два штамма – *Str. thermophlus CT-13* и *Str. thermophlus CT-95*, которые обладали наибольшей и наименьшей β-галактозидазной активностью соответственно. Технологические свойства штаммов определяли при заквашивании молока опытными и контрольными образцами. Контрольные образцы не подвергались акустической обработке.

Результаты исследований показали, что как однократное, так и двукратное акустическое воздействие на штамм *Str. thermophilus CT-13* при различных экспозициях в диапазоне частот 100 Гц – 5 000 Гц практически не влияло на кислотообразующую способность и ферментативную активность, в то время как у штамма *Str. thermophilus CT-95* наблюдалась значительная разница в изменении этих показателей в сравнении с контролем (рисунок 5). Наибольший индекс лактозо-сбраживающей активности приобретает штамм, подвергнутый низкоинтенсивному акустическому воздействию при частоте 2000 Гц в

течение 5 мин (селекционированный штамм), который является самым активным кислотообразователем и дает наибольший прирост количества клеток.

Селекционированный штамм *Str. thermophilus CT-95* с высокой β-галактозидазной активностью был использован в экспериментах по получению ряженки с пониженным содержанием лактозы. В данном случае контрольными являлись образцы ряженки, полученной с применением типовой симбиотической закваски, состоящей из *Str. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*. Опытные образцы ряженки получали с применением селекционированнного штамма *Str. thermophilus CT-95*, и штамма *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* в соотношении 4:1.

На рис. 6 представлена динамика изменения активной кислотности в процессе сквашивания топленого молока при использовании типовой и опытной заквасок. Анализ результатов свидетельствует о более интенсивном процессе ферментации в первые 4 ч после внесения в топленое молоко опытной закваски. Кроме того, в опытных образцах при получении ряженки казеинат кальций фосфатный комплекс молочного сырья быстрее, чем в контрольных, достигал изоэлектрической точки (pH 4,58-4,64), что приводило к его кислотной коагуляции и образованию плотного сгустка.

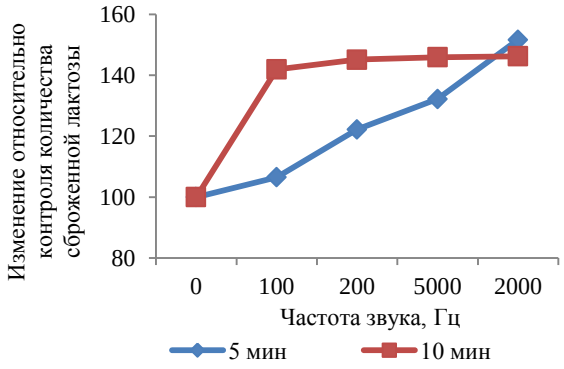


Рисунок 5 – Влияние параметров акустической обработки на количество (в % к контролю) сброженной лактозы

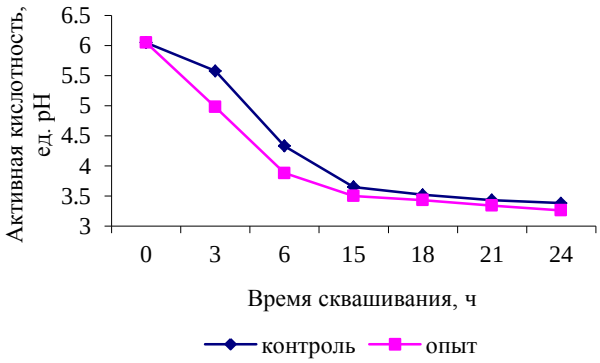


Рисунок 6 – Зависимость активной кислотности топлёного молока при его ферментации от времени сквашивания

Определение массовой доли лактозы в исходном сырье, опытном и контрольном образцах ряженки показало, что количество лактозы в опытной ряженке меньше на 30% по сравнению исходным сырьём, в то время как количество лактозы в ряженке, выработанной с применением традиционной закваски (неселекционированного штамма), снижалось в среднем на 7,5%.

Органолептические показатели опытных образцов были такие же, как и у контрольного образца: сгусток плотный, ровный, с кремовым цветом, равномерным по всей массе, характерным кисломолочным вкусом и с выраженным вкусом топлёного молока без посторонних привкусов и запахов. Т.е., при выработке опытных образцов ряженки был получен продукт в максимальной степени приближенный к традиционному, но с пониженным содержание лактозы.

Таким образом, использование физических воздействий различной природы в крайне низких дозах для регуляции жизнедеятельности живых систем является перспективным направлением для создания инновационных технологий переработки пищевого сырья, позволяющих ускорить основные технологические стадии производства и добиться улучшения качества продукции при незначительных материальных и энергетических затратах, а также для создания новых продуктов питания функционального назначения.

Список литературы

1. Томпкинс, П. Тайная жизнь растений / П. Томпкинс, К. Берд. – М.: Гомеопатическая медицина, 2006. – 444 с.

2. Рогов, И. А. Электрофизические методы обработки пищевых продуктов / И.А. Рогов. – М.: ВО «Агропромиздат», 1988. – 582 с.

3. Betskii, O. V. Low Intensity Millimeter Waves in Medicine and Biology / O. V. Betskii, N. D. Devyatkov, V. V. Kislov // Critical Reviews in Biomedical Engineering. – 2000. – Vol. 28. – № 182. – P. 247–268.

4. Экологически безопасные способы термической обработки / И. А. Рогов, Т. Н. Данильчук, В. В. Миклашевский, Т. М. Бершова, М. С. Погорелов // Мясные технологии. – 2009. – № 9. – С. 34–38.

5. Рогов, И. А. Биологические аспекты микроволновых пищевых технологий / И. А. Рогов // Электронная обработка материалов. – 2000. – № 5. – С. 115–125.

6. Rubin, A. B. Fundamentals of Biophysics / A. B. Rubin. – Beverly: Scrivener Publishing, 2014. – 226 p.

7. Данильчук, Т. Н. Электроконтактная обработка в технологии проращивания ячменя на солод. Монография. Под редакцией доктора технических наук, академика РАН И.А. Рогова. / Т. Н. Данильчук. – М.: ООО «Франтера», 2013. – 144 с.

8. Burlakova, E. B. Effect of supersmall doses of biologically active substances and low-intensity physical factors / E. B. Burlakova, A. A. Konradov, E. L. Maltseva // Journal of Advances in Chemical Physics. – 2003. – Vol. 2. – №. 2. – P. 140–162.

9. Epstein, O. I. Ultralow doses (History of the research) / O. I. Epstein. – Moscow: RAMS Publishing House, 2009. – 302 p.

10. Konovalov, A. I. Highly diluted aqueous solutions: Formation of nano-sized molecular assemblies (nanoassociates) / A. I. Konovalov, I. S. Ryzhkina // Geochemistry International. – 2014. – Vol. 52. – № 13. – P. 1207–1226.

11. Ratushnyak, A. A. Development of Methodology for Detection of Ecological Maximum Permissible Concentration of Xenobiotics (On the Example of Pyrethroid Insecticides) / A. A. Ratushnyak, A. Yu. Ratushnyak, M. V. Trushin // World Applied Sciences Journal. – 2013. – Vol. 24. – № 12. – P. 1616–1620.

12. Binhi, V. N. Effects of weak magnetic fields on biological systems: physical aspects / V. N. Binhi, A. V. Savin // Physics –Uspekhi. – 2003. – Vol. 46. – № 3. – P. 259–291.

13. Данильчук, Т. Н. Модификация свойств пшеничной клетчатки совместным действием ферментации и электрического тока / Т. Н. Данильчук, И. А. Рогов, Г. Г. Абдрашитова // Пищевая промышленность. – 2015. –№ 8. – С. 8–11.

14. Данильчук, Т. Н. Низколактозные молочные продукты. Пути получения / Т. Н. Данильчук, В. И. Ганина, М. А. Головин // Молочная промышленность. – 2013. – № 11. – С. 41–42.

15. Данильчук, Т. Н. Инновационные технологии переработки мясного сырья с использованием низкоинтенсивного акустического воздействия / Т. Н. Данильчук, И. А. Рогов, Г. Г. Абдрашитова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 7. – С. 15–17.

16. Narziss, L. Die Bierbrauerei: Band 1 - Die Technologie Der Malzbereitung / L. Narziss. – Back Germany: Wiley-Vch, 2012. – 936 p.

17. Ганина, В. И. Биотехнологические процессы в производстве молока и молочных продуктов / В. И. Ганина, Т. Н. Рогожина. – М.: МГУПП, 2013. – 39 с.

18. Рогов, И. А. Механизм биологических эффектов крайне низких доз колебательных и волновых воздействий в области звуковых частот. Часть I. Биологические эффекты низкоинтенсивных физических воздействий в пищевых технологиях / И. А. Рогов, Т. Н. Данильчук // Электронная обработка материалов. – 2017. – Vol. 53. – № 1. – P. 63–69.

19. MicroRNA-Mediated Regulation in Biological Systems with Oscillatory Behavior / Z. Zhang, F. Xu, Z. Liu, R. Wang, T. Wen // BioMed. Research. International. – 2013. – Article ID 285063. – P. 7.

20. Rubin, A. Matematical Biophisics / A. Rubin, G. Riznichenko. – New York: Springer Science+Business Media, 2014. – 273 p.

21. Sticker, J. A fast, robust and tunable synthetic gene oscillator / J. Sticker, S. Cookson, M. R. Bennet // Nature. – 2008. – Vol. 456. – P. 516–519.

22. Romanovsky, Yu. M. Models of active Brownian motors on internal oscillations / Yu. M. Romanovsky, A. V. Kargovsky, W. Ebeling // European Physical Jornal: Special Topics. – 2013. – Vol. 222. – P. 2465–2479.

23. Riznichenko, G. Yu. Mathematical Models in Biophisics / G. Yu. Riznichenko // Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Mathematical models of life support systems. – 2015. – №. 11. – P. 55; http://www.eolss.net/outlinecomponents/Mathematical-Models.aspx.

24. Рогов, И. А. Механизм биологических эффектов крайне низких доз колебательных и волновых воздействий в области звуковых частот. Часть II. Физико-химическая модель влияния низкоинтенсивных физических факторов на активность гидролитических ферментов / И. А. Рогов, Т. Н. Данильчук // Электронная обработка материалов. – 2017. – Vol. 53. – № 1. – P. 70–77.

УДК 663.674:637.14

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОРОЖЕНОГО

И. Г. Дейнека, В. С. Гаврыш, В. И. Бобрышев, Е. В. Бородина
Луганский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина

Мороженное – это десерт, который любят люди всех возрастов. Уже десятки лет он является самым популярным лакомством. И большой и малый бизнес пользуется этим для получения прибыли. Поэтому основные производители мороженого приступили к разработке и выпуску новых видов мороженого с разнообразной вкусовой и цветовой гаммой привлекательной для потребителей [1–4]. Применяемые при этом ароматизаторы, красители, стабилизационные системы для создания водных эмульсий растительных жиров, резко снижают потребительскую ценность мороженого. В настоящее время предвидится значительное расширение подобного ассортимента и числа предприятий его выпускающих. Редкие случаи выпуска натурального мороженого не решают всех рыночных проблем этого продукта. Позиция: «выпускать продукты не хуже или лучше всех», в плане маркетинга, является малоэффективной. В условиях перепроизводства необходимо выпускать принципиально новые, уникальные продукты, максимально удовлетворяющие потребности населения и создающие условия для дальнейшего развития предприятия.

Функциональное мороженое. С практической точки зрения, словосочетание функциональное мороженое естественным образом раскладывается на четыре составляющие [5–9].

Первая – функциональность продукта, как отражение общественной проблемы – ухудшение здоровья населения из-за дефицита и дисбаланса витаминов, минералов и других нутриентов. На этой основе происходит процесс создания новой потребительской стоимости функционального мороженого. Исследуя функциональность мы определяем сегменты потребителей и те уникальные свойства продуктов, которым они должны соответствовать.

Вторая – мороженое в сравнении с другими витаминизированными продуктами, является уникальным протектором, позволяющим производить раздельное введение водорастворимых и жирорастворимых витаминов, микроэлементов, минералов и других ингредиентов. Натуральный молочный жир обеспечивает их максимальную усваиваемость.

Третья – функциональное мороженое производится только посредством «прямой переработки» парного молока. При этом категорически запрещено применение концентрированных молочных продуктов – сливочного масла, сгущенного и сухого молока. При производстве также исключено применение воды, ароматизаторов и красителей любого происхождения.

Четвертая – дополнительная технологическая операция (сквашивание смеси мороженого болгарской палочкой Lb.bulgarius) расширяет функциональные свойства продукта за счет пробиотических свойств йогуртного мороженого.

Функциональное мороженое является базой для приготовления на его основе полноценных продуктов питания. Например, детских завтраков, уникальных по своей полезности и скорости употребления. При этом используются рисовые хлопья специального приготовления, органолептически хорошо сочетаемые с молочными продуктами, фруктами и ягодами, джемом и орехами.

Социальные предпосылки. При неблагоприятной экологической обстановке, неполноценном питании, связанном с низкой покупательной способностью основной массы населения и повсеместной фальсификацией продуктов, а также высоких психологических нагрузках, разрушающих основную массу витаминов и минералов в организме человека, большинство взрослых и детей сегодня подвержены дефициту этих незаменимых составляющих здоровья.

Дорогие аптечные минераловитаминные комплексы не всем «по карману», а основные составляющие их цены, это плата за лицензии, супердорогое импортное

оборудование, упаковку, рекламу, сверхприбыли фармацевтических компаний. Стоимость же аналогичных комплексов для введения в мороженое – не более 3-х центов на 1 порцию.

Физическое и психическое здоровья населения под угрозой и люди сегодня не в состоянии самостоятельно решить эту проблему

Делом чести каждого предприятия, выпускающего продукты питания, должно быть стремление сделать все возможное для выпуска продукции с расширенными потребительскими свойствами, направленными на укрепление здоровья покупателей.

Поэтому, в основу программы положено тщательное изучение потребности в минерало-витаминных комплексах всех групп населения, в соответствии с их сегментным распределением и спецификой их жизнедеятельности [10, 11].

Разработка и выпуск функциональных продуктов – это начало новой индустрии, основанной на удовлетворении одной из основополагающих потребностей человека, а именно сохранении здоровья и долголетия.

Решение поставленной задачи достигается путем введения в мороженое на молочной или фруктовой основе, согласно возрастного распределения потребителей, комплекса витаминов, минералов и микроэлементов.

Витамины – это органические вещества, необходимые для жизни и нормального функционирования нашего организма. За несколькими исключениями, они не могут создаваться или синтезироваться нашим организмом. Витамины необходимы для нашего роста, жизнеспособности и общего самочувствия. В естественном состоянии их можно найти в весьма небольших количествах в продуктах питания органического происхождения. Мы можем получать их из этих продуктов или в виде диетических добавок.

Шестью основными минеральными веществами являются: кальций, йод, железо, магний, фосфор и цинк. Активными минеральными веществами в нашем организме являются ванадий, железо, йод, калий, кальций, кобальт, магний, марганец, медь, молибден, натрий, селен, сера, фосфор, фтор, хлор, хром и цинк.

При неблагоприятной экологической обстановке, неполноценном питании, связанном с низкой покупательной способностью основной массы населения, высокими психологическими нагрузками, в организме людей разрушается основная масса витаминов и минералов. Большинство взрослых и детей сегодня подвержены дефициту этих незаменимых составляющих здоровья. Пополнение в организме витаминов и минералов достигается путем созданием функциональных рецептур мороженого для определенных групп населения.

Задача выпуска мороженного с комплексным набором нутриентов имеет два решения:

1. Внесение в продукт определенной дозы (10%) полного суточного комплекса витаминов и минералов в соответствии с нормами утвержденными приказом Министерства охраны здоровья в Украине № 272 от 18 ноября 1999 г.
2. Составление специальных комплексов для определенных групп с учетом специфики их жизнедеятельности, биологических, экологических и социальных проблем.

После детального анализа были определены основные сегменты населения, которые в связи со специфическими обстоятельствами их жизнедеятельности требуют особенного внимания в обеспечении их организма веществами, необходимыми для поддержания их здоровья:

1. Детскому организму на 2-х основных этапах его развития (7–11 и 12–18 лет).
2. Женскому организму, особенно в репродуктивный период.
3. Организмам людей, подверженных тяжелым спортивным и производственным нагрузкам.
4. Стареющему организму (геронтологические сорта мороженого).
5. Организму рабочих, работающих на вредном производстве (для выведения из него вредных веществ, восстановления кислотно-щелочного баланса и восполнения организма нутриентами, потерянными во время обильного потовыделения при работе в сталелитейной и угольной промышленности).

Мороженное с пектином и насыщенное кислородом может заменить обычное молоко, выдаваемое в качестве спецпитания.

Также после анализа были определены основные возрастные группы населения со специфическими обстоятельствами своей жизнедеятельности, требуют особого внимания в обеспечении организма веществами, необходимыми для поддержания здоровья, а именно:

1. Дети в возрасте от 7 до 11 лет (возрастная группа с условным названием «Гаврош»).
2. Дети в возрасте от 12 до 18 лет (возрастная группа с условным названием «Юниор»).
3. Женщины от 20 до 35 лет (возрастная группа с условным названием «Леди»).
4. Спортсмены, люди тяжелого физического труда (возрастная группа с условным названием «Титан»).
5. Люди преклонного возраста (возрастная группа с условным названием «Стайер»).

Подбор витаминов и минералов для этих возрастных групп населения выполнен в соответствии с критериями, указанными в таблицах 1-5.

Таблица 1 – Возрастная группа с условным названием «Гаврош»

№ п/п	Критерии	Потребность	
		Витамины	Минералы
1	Активный рост организма	A, B_{12}	–
2	Формирование зрительного пурпура (родопсина)	A	–
3	Рост и укрепление костей, зубов, десен, волос, кожи	A, E	Ca, P, Mg, F
4	Формирование иммунитета	A, B_6	Fe
5	Устойчивость против инфекции органов дыхания, простудные заболевания	A, C, D, E	J, Se
6	Развитие умственных способностей	B_1, B_{12}	Mn, J
7	Укрепление нервной системы, активность	B_1, B_2, B_3, B_{12}, D	P, Mg
8	Формирование красных кровяных телец	B_9, B_{12}	Fe, Mn
9	Аллергии, экология, разрушение витамина С монооксидом углерода	C	–

Таблица 2 – Возрастная группа с условным названием «Юниор»

№ п/п	Критерии	Потребность	
		Витамины	Минералы
1	Активный рост организма	A, B_{12}	–
2	Формирование зрительного пурпура (родопсина)	A	–
3	Рост и укрепление костей, зубов, десен, волос, кожи	A, E	Ca, P, Mg, F
4	Формирование иммунитета	A, B_6	Fe
5	Устойчивость против инфекции органов дыхания, простудные заболевания	A, C, D, E	J, Se
6	Развитие умственных способностей	B_1, B_{12}	Mn, J
7	Укрепление нервной системы, активность	B_1, B_2, B_3, B_{12}, D	P, Mg
8	Формирование красных кровяных телец	B_9, B_{12}	Fe, Mn
9	Аллергии, экология, разрушение витамина С монооксидом углерода	C	–

Продолжение таблицы 2

10	Функционирование зобной, щитовидной, половой желез	D	J
11	Активное, пассивное курение	C	Se
12	Развитие репродуктивных органов	–	Zn, Mn, Cu

Таблица 3 – Возрастная группа с условным названием «Леди»

№ п/п	Критерии	Потребность	
		Витамины	Минералы
1	Здоровье зубов, волос, ногтей, кожных покровов, слизистых	A, B_2, B_3, C, D	Ca, Mg, F, Si
2	Сосудистые, онкологические заболевания	A, B_9, E	Se
3	Повышение иммунитета	A, B_6	Fe
4	Укрепление нервной системы	B_2, B_3, B_6, D	Si
5	Регуляция, нормализация циклов	B_{12}, K	
6	Репродуктивные функции	–	Cu, Zn, Mn, V
7	Формирование нервных клеток плода, предупреждение преждевременных родов, приток молока	B_9, E	Mn
8	Инфекции органов	A, C, D, E	J, Si
9	Защита от старения организма, активное, пассивное курение, алкоголь, монооксид углерода	B_1, B_6, C, E	Se

Таблица 4 – Возрастная группа с условным названием «Титан»

№ п/п	Критерии	Потребность	
		Витамины	Минералы
1	Укрепление центральной нервной системы иммунитета	A, D, B2, B6, B12, PP	Ca, P, Fe
2	Стимулирование деятельности мышц	E	Ca, J
3	Обмен веществ	B2, B6, B9	J, Zn
4	Кроветворения, циркуляция крови, клеточное дыхание	B1, B9, B12, C	Ca, Mg, J, Fe, F
5	Репродуктивные функции	E, D, B1, C	Se, Zn, J

Таблица 5 – Возрастная группа с условным названием «Стайер»

№ п/п	Критерии	Потребность	
		Витамины	Минералы
1	Сердечные, онкологические заболевания	A, B9, E	Se
2	Старение организма	B1, PP, B6, C, E	Se, Fe, J
3	Снижение потребности диабетиков в инсулине	B6, C	–
4	Склероз, умственные способности	B6, B12,	Mg, Zn, F
5	Гипертония	–	Ca, P, K

Таким образов, проведенный анализ показал перспективы разработки и производства функционального мороженного. Позитивным результатом исследований является изготовление продукции с расширенными потребительскими свойствами, направленными на укрепление здоровья покупателей и удовлетворение их потребностей в витаминах и минералах в количестве, рекомендованном соответствующими нормативными документами.

Также были получены рациональные параметры витаминов и минералов в одной дозе продукта в зависимости от возрастной группы. Полученные результаты рекомендованы к промышленному внедрению.

Список литературы

1. Оленев, Ю. А. Технология и оборудование для производства мороженого: учебное пособие / Ю. А. Оленев, 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: ДеЛи, 2001. – 323 с.
2. Справочник по производству мороженого / Ю. А. Оленев, А. А. Творогова, Н. В. Казакова, Л. Н. Соловьева. – М.: ДеЛи, 2004. – 800 с.
3. Использование фитосырья в производстве мягкого мороженого / В. И. Бобченко [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 12. – С. 37–38.
4. Разработка рецептуры мягкого мороженогос про- и пребиотическими свойствами / Е. В. Макарова, Л. А. Текутьева, Е. С. Фиценко, О. М. Сон // Питание и здоровье. – 2012. – № 10. – С. 54–55.
5. Функциональные пищевые продукты: учебник / А. Ф. Доронин [и др.]. – М.: ДеЛи принт, 2009. – 215 с.
6. Берестова, А. В. Исследование целесообразности использования пищевой добавки «Биойод» для обогащения майонезной продукции / А. В. Берестова, И. А. Пустарнакова // Перспектива: сборник статей молодых ученых № 16. Часть I. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2013. – С. 154–158.
7. Производство мороженого с функциональными свойствами / М. А. Федотова, В. И. Ганина, В. А. Обелец, А. А. Творогова // Молочная промышленность. – 2009. – № 2. – С. 61–62.
8. Рябцева, С. А. Кисломочное мороженое с лактулозой / С. А. Рябцева, В. Р. Ахметов, М. А. Брацихина // Молочная промышленность. – 2013. – № 1. – С. 76–77.
9. Функционально-технологические свойства низкокалорийного плодово-ягодного мороженого / Е. И. Мельникова, С. А. Титов, Е. В. Богданова, О. А. Мурадова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 8. – С. 32–33.
10. Бобрышев, В. И. Функциональное мороженое – новая потребительская стоимость/ В. И. Бобрышев // Мороженое и замороженные продукты. – 2007. – № 12. – С. 16.
11. Бобрышев, В. И. Деликатесный продукт ежедневного потребления / В. И. Бобрышев // Мороженое и замороженные продукты. – 2004. – № 4. – С. 10.

УДК 663.3

ОСОБЕННОСТИ СБРАЖИВАНИЯ МЕЗГИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФРУКТОВЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ

Е. В. Дубинина, Л. Н. Крикунова, В. А. Трофимченко
Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Черноплодная рябина (*Arónia melanocárpa*) широко распространена на всей территории Российской Федерации. Она достаточно зимостойка, что позволяет выращивать данную культуру в северных регионах нашей страны, в частности, как отмечают финские исследователи в условиях Ленинградской области и в Карелии [1]. Исследования химического состава плодов черноплодной рябины, проведенные ранее [2, 3], показали значительные различия по содержанию сахаров и кислотности в зависимости от почвенно-климатических зон и сорта данной культуры. Особенностью черноплодной рябины, в отличие от других видов плодового сырья, является высокая концентрация фенольных соединений, обладающих Р-витаминной активностью, а также пектиновых веществ [4, 5]. Эти свойства химического состава данного вида сырья затрудняют его использование в виноделии, так как, с одной стороны, высокая концентрация фенольных соединений препятствует развитию дрожжевых клеток и, следовательно, замедляет брожение, с другой стороны, пектиновые вещества затрудняют отделение сока, что требует применения пектолитических ферментных препаратов на стадии мацерации мезги [6].

Новым перспективным направлением использования плодов черноплодной рябины в нашей стране может быть получение фруктовых дистиллятов и напитков на их основе с уникальными органолептическими характеристиками. Подобные напитки уже производятся в ряде стран западной Европы и пользуются популярностью у потребителей.

В отличие от переработки плодового сырья в виноделии, при производстве фруктовых дистиллятов, на стадии подготовки сырья допускается сбраживание целых плодов или мезги [7]. Имеющиеся научные данные свидетельствуют о значительном влиянии используемой расы дрожжей на данный процесс, что обусловлено физиологическими особенностями расы [8, 9]. С другой стороны, исходный биохимический состав сбраживаемой среды и технологические параметры процесса также способны изменить физиологическую активность дрожжей [10].

Целью настоящей работы являлось изучение процесса брожения мезги черноплодной рябины и определение оптимальных технологических параметров его проведения, обеспечивающих сохранение ароматического потенциала исходного сырья.

В качестве объектов исследования использовали свежую и сброженную мезгу черноплодной рябины, культивируемой в Московской области, винные дрожжи рода *Saccharomyces Meyen* двух видов - *Saccharomyces vini* и *Saccharomyces cerevisiae*. Для определения органолептических характеристик и физико-химических показателей объектов исследования применяли стандартные методы анализа, используемые в виноделии. Качественный и количественный состав летучих компонентов определяли газохроматографическим методом на газовом хроматографе «Кристалл 5000.1» («Хроматек», Россия) с пламенно-ионизационным детектором.

На первом этапе исследований был изучен биохимический состав пяти партий свежей мезги черноплодной рябины. Установлено, что все образцы имели близкие значения по основным биохимическим показателям: содержание фенольных соединений – 1590–1680 мг/дм^3, массовая концентрация сахаров от 100 до 115 г/дм^3, титруемая кислотность – от 9,5 до 11,2 г/дм^3, массовая концентрация свободных аминокислот – 320–376 мг/ дм^3, массовая доля пектиновых веществ – 1,3–1,5 %.

Важной технологической задачей при подготовке плодового сырья к дистилляции является правильный выбор расы дрожжей для сбраживания плодовой мезги. При установлении преимущества той или иной расы дрожжей для сбраживания плодового сырья имеет значение не только его химический состав, но и физические характеристики. Плодовая мезга в отличие от сусла содержит большое количество твердых частиц кожицы и мякоти, что создает особые условия для дрожжей. Поэтому на следующем этапе исследований был проведен скрининг 32 рас дрожжей с целью выбора наиболее подходящих. При этом в качестве контролируемых параметров использовали следующие показатели: продолжительность лаг-фазы, интенсивность размножения и бродильную активность. В результате исследований были отобраны четыре расы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* – *Siha 3* и *Oenoferm C2* (Германия), *Prime Arom* и *Red Fruit* (Италия), имевшие наиболее короткую продолжительность лаг-фазы, высокую интенсивность размножения и бродильную активность. В качестве контроля использовалась отечественная чистая культура дрожжей *Saccharomyces vini* Вишневая 33, традиционно применяемая в виноделии при переработке плодового высоко экстрактивного сырья.

В результате сравнительной оценки качественных показателей образцов мезги черноплодной рябины, сброженной разными расами дрожжей, установлено, что они значительно различались по составу экстрактивных и летучих компонентов (Таблица 1). В таблице приведены средние значения результатов исследования пяти образцов черноплодной рябины.

Таблица 1 – Влияние расы дрожжей на качественные показатели сброженной мезги черноплодной рябины

Показатели	Раса дрожжей				
	Вишневая 33	*Siha 3*	*Oenoferm C2*	*Prime Arom*	*Red Fruit*
Объемная доля этилового спирта, %	5,7	5,8	5,8	5,7	5,7
Титруемая кислотность, г/дм^3	9,1	9,4	9,5	9,5	9,4
Массовая концентрация:					
– свободных аминокислот, г/дм^3	133	115	100	105	95
– фенольных соединений, мг/дм^3	1450	1145	1315	1260	1380
– летучих кислот, г/дм^3	0,40	0,36	0,28	0,65	0,45
– метанола, мг/дм^3	58	194	216	228	284
– высших спиртов, мг/дм^3	198	220	286	264	320
– альдегидов, мг/дм^3	27	30	41	48	52
– сложных эфиров, мг/дм^3	5	8	13	21	17

Показано, что отечественная раса Вишневая 33 обладает способностью к кислотопонижению, в то время как расы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* не продемонстрировали снижение концентрации титруемых кислот.

Все использованные расы активно потребляли аминный азот в начальной стадии брожения, что привело к снижению суммарной концентрации свободных аминокислот в сброженной мезге. В наибольшей степени концентрация аминокислот снизилась при сбраживании мезги расой *Red Fruit* (более, чем в 3,5 раза по сравнению с исходным содержанием).

Важным показателем сырья, предназначенного для дистилляции, является содержание метанола и летучих компонентов, составляющих основу аромата фруктового дистиллята. Как показали результаты исследований, все дрожжи, относящиеся к виду *Saccharomyces cerevisiae,* в отличие от контрольной расы (*Saccharomyces vini*) обладают высокой пектиназной активность, что приводит к повышенному образованию метанола в сброженной мезге.

Установлено, что в процессе спиртового брожения в мезге черноплодной рябины снижалась концентрация фенольных соединений, что связано с высокой адсорбционной способностью дрожжей и особенностями их ферментного комплекса. Максимальное снижение фенольных соединений выявлено в образцах, полученных с использованием расы дрожжей *Siha 3*.

Полученные образцы сброженной мезги отличались также по органолептическим показателям. Образцы, сброженные расами *Oenoferm C2, Prime Arom, Red Fruit* имели выраженный дрожжевой тон в аромате и грубый, жгучий вкус, обусловленный высокой концентрацией высших спиртов и альдегидов. Напротив, использование для брожения рас *Siha 3* и Вишневая 33 позволило получить сброженную мезгу с чистым плодовым ароматом и мягким, гармоничным вкусом. Однако, использование расы *Siha 3* по сравнению с расой Вишневая 33 характеризуется повышенным образование метанола - компонента, определяющего безопасность конечного продукта и строго в ней регламентированного.

С целью изменения метаболизма выбранных двух рас дрожжей в сторону снижения образования метанола было изучено влияние активатора брожения (АБ) «Витамон Комби» на процесс. Данная добавка представляет собой особый питательный субстрат для дрожжей и состоит из фосфата аммония и тиамина (провитамин В1). Было установлено, что применение АБ «Витамон Комби» положительно повлияло на рост и развитие дрожжей – приводило к увеличилось как общего количества дрожжей, так и количества почкующихся клеток. Это связано с тем, что внесенные в среду перед забраживанием, соли аммония быстро усваиваются дрожжами в первые часы размножения клеток, что приводит к их бурному росту. Полученные данные подтверждают результаты более ранних исследований о положительном влиянии дополнительных источников питания на развитие дрожжевых клеток [11, 12].

Также установлено, что добавление азотистого питания приводит к увеличению содержания аминокислот в сброженной мезге в 1,5–1,8 раза по сравнению с образцами, сброженными без АБ. В частности значительно повышалось содержание аспарагиновой кислоты, валина, метионина, фенилаланина, которые являются предшественниками ароматобразующих летучих компонентов фруктовых дистиллятов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при добавлении дополнительных источников азота изменяется метаболизм дрожжевой клетки, в результате чего продуцируются новые аминокислоты. Кроме того, использование АБ привело к повышению наброда этилового спирта на 0,1–0,2 %, снижению синтеза летучих кислот (в среднем на 50%) и метанола (на 30–50 %), изменению качественного и количественного состава летучих компонентов сброженной мезги черноплодной рябины (Таблицы 1, 2).

Таблица 2 – Влияние азотистого питания на показатели качества сброженной мезги черноплодной рябины

Массовая концентрация	Раса дрожжей	
	Вишневая 33	*Siha 3*
Летучие кислоты, г/дм^3	0,25	0,20
Метанол, мг/дм^3	42	97
Высшие спирты, мг/дм^3	136	152
Альдегиды, мг/дм^3	13	18
Сложные эфиры, мг/дм^3	7	12

По результатам органолептической оценки образцы мезги, полученные с использованием АБ, имели выраженные тона исходного сырья в аромате и вкусе, без посторонних оттенков.

Дополнительно с целью разработки оптимальных режимов сбраживания было изучено влияние таких факторов как температура сбраживания и тип брожения (анаэробный и аэробный). Установлено (Таблица 3), что изменение температуры в пределах 17 – 25 ºС влияет на процесс сбраживания мезги черноплодной рябины (эксперименты выполнены с использованием двух рекомендованных рас дрожжей, в таблице 3 приводятся данные для расы *Siha 3*).

Таблица 3 – Влияние условий брожения на физико-химический состав сброженной мезги черноплодной рябины (раса *Siha 3*)

Условия брожения		Продолжительность брожения, сутки	Показатели			
Температура, ºС	Тип брожения		Объемная доля этилового спирта, %	Массовая концентрация		
				остаточных сахаров, г/дм^3	летучих кислот, г/дм^3	метанола, мг/ дм^3
17 ± 2	Анаэробное	12–15	5,7	3,1	0,36	78
	Аэробное	11–14	5,8	2,6	0,52	82
21 ± 2	Анаэробное	7–8	5,9	2,0	0,15	89
	Аэробное	7–8	5,7	2,1	0,22	98
25 ± 2	Анаэробное	6–7	6,0	1,5	0,25	104
	Аэробное	6–7	5,9	1,8	0,31	119

Показано, что повышение температуры ускоряет процесс брожения, что приводит к сокращению продолжительности при анаэробном типе брожения на 5-6 суток, а при аэробном – на 4-6 суток. Повышение температуры брожения до 25 ºС сопровождается повышением концентрации летучих кислот и метанола в сброженной мезге.

Тип брожения также оказывает существенное влияние показатели сброженной мезги – при анаэробном процессе наблюдалось максимальное накопление этилового спирта, в первую очередь, за счет более полного сбраживания сахаров, с минимальным накоплением летучих кислот и метанола.

В целом, проведенные исследования позволили рекомендовать следующие оптимальные режимы брожения мезги черноплодной рябины, предназначенной для дистилляции: температура 21±2 ºС, дозировка АБ «Витамон Комби» из расчета 0,2 г/дм^3, анаэробный тип сбраживания, использованием дрожжей расы Вишневая 33 или *Siha 3*.

Список литературы

1. Kauppinen, S. Natural resources and bioeconomy studies. Fireweed, roseroot, *Bergenia* and chokeberry – joint research for suppoting the herb production / S. Kauppinen, B. Galambosi (eds). – Helsinki: Natural Resources Institute Finland (Luke), 2016. – 162 p.

2. Журавлева, Ю. А. Исследование химического состава плодов черноплодной рябины, произрастающей в Приволжском регионе / Ю. А. Журавлева, М. Н. Земцова // Пищевая промышленность. – 2013. – № 8. – С. 20–21.

3. Variability of Characteristics Components of Aronia / J. Šnebergrová [et al.] // Czech. J. Food Science. – 2014. – Vol. 32. – № 1. – P. 25–30.

4. Comparative analysis of different groups of phenolic compounds in fruit and leaf extracts of *Aronia* sp.: *A. melanocarpa*, *A. arbutifolia*, and *A. ×prunifolia* and their antioxidant activities / A. Szopa [et al.] // European Food Research and Technology. – 2017. – Vol. 243. – № 9. – P. 1645–1657.

5. Fruits of Black Chokeberry Aronia melanocarpa in the Prevention of Chronic Diseases / T. Jurikova [et al.] // Molecules. – 2017. – Vol. 22. – № 6. – P. 944–967.

6. Effect of pectinolytic juice production on the extractability and fate of bilberry and black currant anthocyanins / J. M. Koponen [et al.] // European Food Research and Technology. – 2008. – Vol. 227. – P. 485–494.

7. Оганесянц, Л. А. Теория и практика плодового виноделия / Л. А. Оганесянц, А. Л. Панасюк, Б. Б. Рейтблат. – М.: Промышленно-консалтинговая группа «Развитие», 2011. – 396 с.

8. Impact of Yeast Strain on Ester Levels and Fruity Aroma Persistence during Aging of Bordeaux Red Wines / M. Gammacurta [et al.] // Journal Agricultural and Food Chemistry. – 2014. – Vol. 62. – № 23. – P. 5378–5389.

9. Changes on free amino acids during the alcoholic fermentation of strawberry and persimmon / R. M. Callejón [et al.] // Food science and Technology. – 2015. – Vol. 50. – № 1. – P. 48–54.

10. Саришвили, Н. Г. Микробиологические основы технологии шампанизации вина / Н. Г. Саришвили, Б. Б. Рейтблат. – М.: Пищепромиздат, 2000. – 320 с.

11. Абрамов, Ш. А. Влияние состава питательной среды на функциональную морфологию и биотехнологические показатели дрожжей *Saccharomyces oviformis* / Ш. А. Абрамов, С. Ц. Котенко, Ф. И. Исмаилова // Вестник Дагестанского Научного Центра. – 2001. – № 9. – С. 69–74.

12. Quality analysis of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* / A. M. Ermakova [et al.] // Indo American journal of Pharmaceutical sciences. – 2017. – Vol. 4. – № 09. – P. 3044–3049.

УДК 637.146.34

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С ДОБАВЛЕНИЕМ ГАЛАКТООЛИГОСАХАРИДОВ

М. А. Захаренко
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Обогащение молочных продуктов различными видами специальной заквасочной микрофлоры на протяжении нескольких десятилетий является устойчивой тенденцией [1–3]. Это связано с очень важной ролью живых клеток микроорганизмов, а также продуктов их жизнедеятельности в профилактике различных заболеваний. Бифидобактерии занимают преобладающее положение в кишечнике человека. Они способны подавлять рост и развитие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, кроме того, бифидобактерии улучшают способность организма к активизации различных ферментов и всасыванию питательных веществ. Однако бифидобактерии, являясь анаэробными микроорганизмами, плохо развиваются в молоке. Одним из факторов является растворенный в молоке кислород, в связи с чем целесообразным является использование бифидобактерий в комплексе с лактобактериями. Молочнокислые микроорганизмы обладают способностью связывать растворенный в молочной среде кислород и тем самым создают необходимые бифидофлоре анаэробные условия. Протеолитическая активность некоторых штаммов лактобактерий также способствует лучшему развитию бифидобактерий.

Росту бифидо- и лактобактерий в молоке способствуют различные добавки растительного, животного и микробного происхождения, так называемые пребиотики. К пребиотикам относятся соединения, которые не подвергаются ферментативному расщеплению и не всасываются в верхних отделах желудочно-кишечного тракта, но ферментируются микрофлорой толстого кишечника, стимулируя активный и селективный рост полезной микрофлоры. Основной характеристикой пребиотиков является их селективная ферментация полезными микроорганизмами желудочно-кишечного тракта человека, к которым в первую очередь относятся бифидобактерии и молочнокислые бактерии [4].

Наиболее эффективным является потребление продуктов, содержащих стимуляторы роста микробного, животного или растительного происхождения (пребиотики), оказывающие благотворное влияние на развитие бифидо- и лактобактерий (пробиотики), которые в свою очередь способствуют угнетению патогенной и условно-патогенной микрофлоры кишечника.

Потребление таких кисломолочных продуктов способствует защите от желудочно-кишечных инфекций, улучшению функционирования иммунной системы, снижению содержания холестерина в крови и т. д.

Автором статьи разработана технология функционального кисломолочного напитка на основе молока с добавлением пребиотика и пробиотических микроорганизмов.

В качестве пребиотика использованы галактоолигосахариды (ГОС) – неперевариваемый олигосахарид, содержащийся во многих растительных объектах (топинамбур, лук, чеснок, соя и др.), а также в молоке [5–7].

Галактоолигосахариды являются натуральным пищевым ингредиентом, который способствует быстрому размножению пробиотической микрофлоры, препятствует прикреплению и задержке на стенках кишечника патогенных микроорганизмов, позволяет улучшить абсорбцию некоторых минеральных веществ, стимулировать выработку витаминов группы В, снижает тяжесть аллергических реакций и улучшает перистальтику. Необходимый бифидогенный эффект наблюдается при ежедневном употреблении от 2,5 до 5 г ГОС [8, 9].

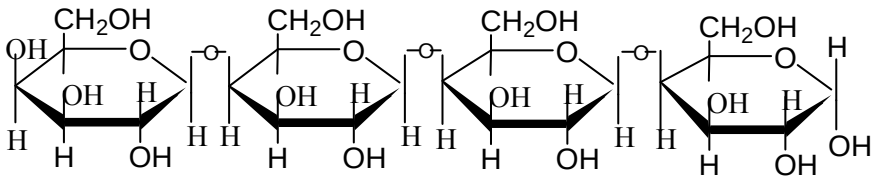
В связи с тем, что содержание ГОС в растениях невелико и экстракция этих веществ из растительных объектов затруднена, наибольшее распространение получила технология производства ГОС из молочного сырья, в частности из молочной сыворотки (лактозы), используя гликозилтрансферазную активность фермента β-галактозидазы [10].

ГОС – класс неперевариваемых олигосахаридов, производных лактозы, имеющих общую структурную формулу:

α-D-Glu-(1-4)-[β-D-Gal-(1-6)-]n,

где n = 2-5.

Пространственная формула галактоолигосахаридов имеет следующий вид:



Для изучения влияния дозы ГОС на рост и развитие пробиотических микроорганизмов были исследованы четыре образца обезжиренного молока с добавлением ГОС в количестве от 0,5 до 2,0 % от массы молока с шагом 0,5 %. Контрольным образцом являлось обезжиренное молоко без добавления ГОС. Для сквашивания образцов использовалась закваска, состоящая из *Streptococcus thermophilus* и *Bifidobacterium bifidum* в соотношении 3:1. Закваска вносилась в количестве 3 % от массы молока. Ферментация образцов проводилась при температуре 37 °С в течение четырех часов до образования плотного сгустка. В качестве питательной среды для определения и количественного учета бифидобактерий использовали гидролизатно-молочную среду с ниамицином (ТУ 10-02-02-789-192-95), для определения общего количества лактобактерий – стерильное обезжиренное молоко.

Рост общего количества лактобактерий в процессе ферментации представлен на рис. 1.

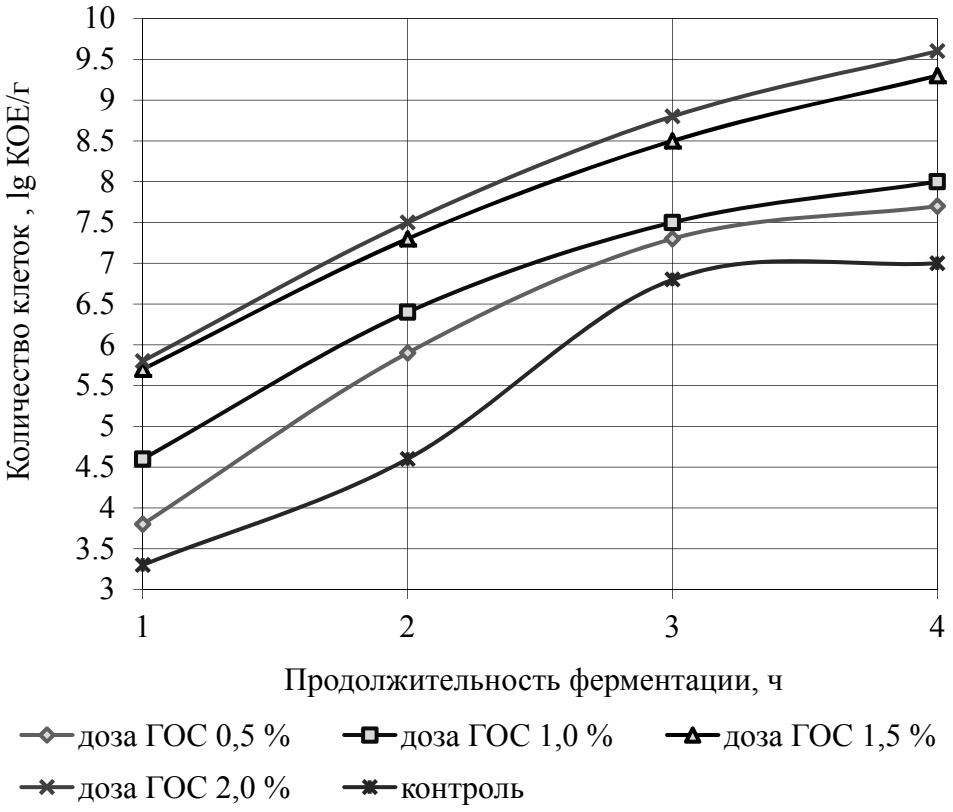


Рисунок 1 – Изменение общего количества лактобактерий в процессе ферментации кисломолочного напитка

Анализ данных, приведенных на рис. 1, показывает, что с увеличением дозы ГОС в продукте наблюдается более интенсивный рост молочнокислой микрофлоры. Увеличение дозы пребиотика до 1,0 % приводит к значительному увеличению молочнокислых микроорганизмов по сравнению с контрольным образцом. Однако повышение дозы ГОС выше 1,5 % существенно не повлияло на рост лактобактерий, что может быть связано с избыточной кислотностью среды, а также с накоплением продуктов метаболизма.

Образец кисломолочного напитка с дозой ГОС 1,0 % от массы молока имел чистый, кисломолочный вкус и запах, консистенция была однородная, в меру вязкая, цвет молочно-белый, равномерный по всей массе продукта.

Увеличение дозы пребиотика несколько ухудшало органолептические показатели образцов: в частности консистенция продукта становилась излишне вязкой, нетипичной для кисломолочного напитка.

Динамика роста количества бифидобактерий в процессе ферментации исследуемых образцов кисломолочного напитка представлена на рис. 2.

Как видно из рис. 2, с увеличением дозы внесенного пребиотика от 0,5 до 1,0 % происходит значительное увеличение количества клеток бифидобактерий по сравнению с контрольным образцом.

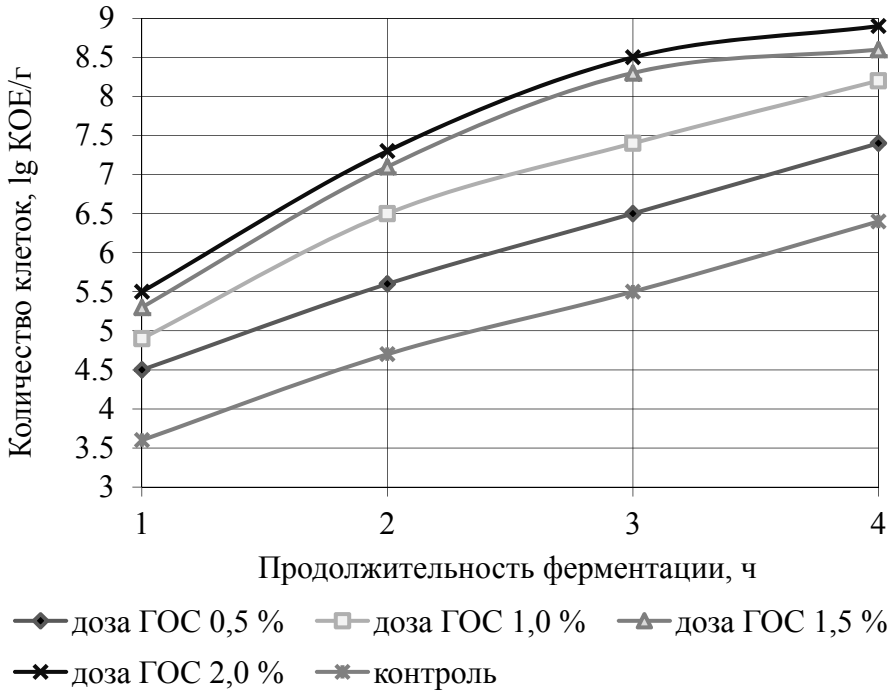


Рисунок 2 – Динамика роста числа бифидобактерий в процессе ферментации исследуемых образцов

Увеличение дозы ГОС до 1,5 и 2,0 % не оказывало заметного влияния на рост и развитие бифидобактерий в исследуемых образцах, что можно связать с накоплением в них продуктов обмена.

Необходимым требованием для оказания положительного эффекта на организм человека должно быть достаточное количество жизнеспособных клеток молочнокислых бактерий и бифидобактерий на протяжении всего срока хранения кисломолочного продукта, в частности общее число клеток молочнокислых бактерий должно сохраняться на уровне не менее 10^7 КОЕ/г, а количество клеток бифидофлоры – не менее 10^6 КОЕ/г. В связи с этим проведены исследования по изменению числа клеток пробиотической микрофлоры в процессе хранения готового продукта. Исследуемые образцы хранили в течение семи суток при температуре (4 ± 2) °С. Количество клеток лакто- и бифидобактерий подсчитывали на 1, 3, 5 и 7 сутки хранения исследуемых образцов. Результаты представлены на рис. 3 (а, б).

Как видно из рис. 3 (а, б), во всех исследуемых образцах с добавлением пребиотика количество клеток пробиотической микрофлоры сохранялось на требуемом уровне в течение всего срока хранения. В образце без добавления ГОС (контроль) уже на пятые сутки исследования уровень количества клеток лакто- и бифидобактерий был ниже необходимого показателя.

Учитывая данные проведенного исследования, можно сказать о достаточно выраженной пребиотической способности галактоолигосахаридов в отношении молочнокислых бактерий и бифидобактерий (в частности к видам *Str. thermophilus* и *B. bifidum*), позволяя сохранять требуемый уровень жизнеспособных клеток указанных микроорганизмов в течение всего срока хранения при дозе ГОС в количестве 1,0 % от массы молока.

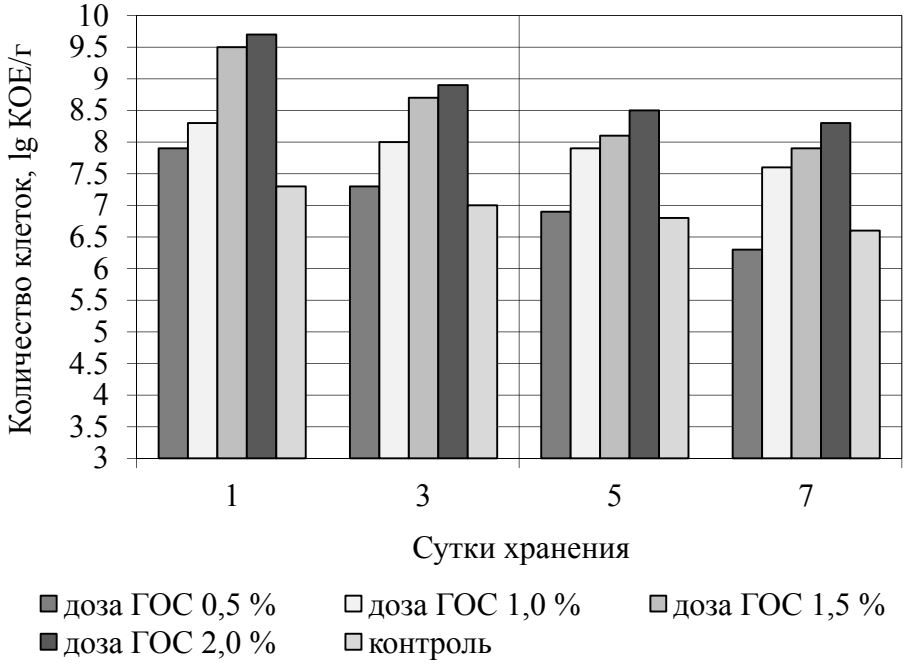


Рисунок 3 (а) – Изменение количества клеток лактобактерий в процессе хранения

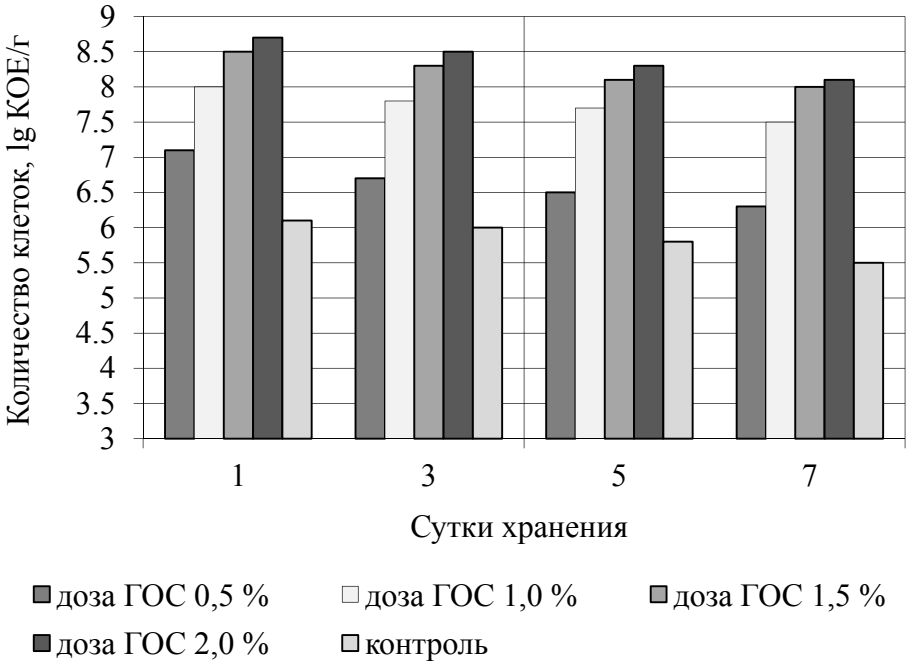


Рисунок 3 (б) – Изменение количества клеток бифидобактерий в процессе хранения

Список литературы

1. Рожина, Н. В. Развитие производства функциональных пищевых продуктов / Н. В. Рожнина // Переработка молока. – 2015. – № 4. – С. 48–53.

2. Assessing the functional foods and natural health products industry: a complete overview and literature review / S. Malla [et al.] // CAIRN Policy Brief. – Apr. 2013. – P. 17.

3. Научные принципы обогащения пищевых продуктов микронутриентами / А. А. Кухаренко [и др.] // Пищевая промышленность. – 2008. – № 5. – С. 62–64.

4. Щекина, М. И. Роль пробиотиков в коррекции дисбиотических нарушений / М. И. Щекина // Гастроэнтерология. Приложение к журналу Consilium Medicum. – 2009. – № 2. – С. 36–42.

5. Nondigestible carbohydrates in the diets of infants and young children: A commentary by the ESPGHAN Committee on Nutrition / P. J. Aggett [et al.] // Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition. – 2003. – № 36 (3). – P. 329–337.

6. History, synthesis, properties, applications and regulatory issues of prebiotic oligosaccharides / E. E. Tymczyszyn [et al.] // Carbohydrates Applications in Medicine. – India : Research Signpost, 2014. – P. 127–154.

7. Лодыгин, А. Д. Теоретические предпосылки и технология получения производных лактозы – галактоолигосахаридов / А. Д. Лодыгин, А. В. Серов, А. Б. Рябцева // Вестник СевКавГТУ. – 2006. – № 3. – С. 15–18.

8. Симоненко, С. В. Галактоолигосахариды: технология, анализ рынка и коммерческие перспективы / С. В. Симоненко, Н. А. Шахайло // Молочная промышленность. – 2015. – № 7. – С. 12–14.

9. Galacto-oligosaccharides: production, properties, applications, and significance as prebiotics / D. P. Torres [et al.] //Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2010. – Vol. 9, № 5. – P. 438–454.

10. Playne, M. J. Galacto-oligosaccharides and other products derived from lactose / M. J. Playne, R. G. Crittenden // Advanced Dairy Chemistry. – 2009. – P. 15–26.

УДК 637.142/143:663.05

МОНИТОРИНГ МИКРОСТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УГЛЕВОДНОЙ И ЖИРОВОЙ ФАЗЫ МОЛОЧНЫХ КОНСЕРВОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

Е. Е. Илларионова, И. А. Радаева, С. Н. Туровская
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности,
г. Москва, Россия

Консервы, занимающие особое место в ассортименте молочной продукции, представляют собой высококонцентрированные продукты, содержащие, в зависимости от вида, до 96 % сухих веществ молока, важных для питания человека. В сравнении с жидкими молочными продуктами консервы более рентабельны при транспортировании и хранении и удобны в употреблении [1–3].

Одним из главных критериев при оценке качества данной категории продуктов является их хранимоспособность, т. е. сохранение исходных свойств в течение как можно более длительного периода, а одним из способов повышения этого показателя – использование дигидрокверцетина (Д), антиокислителя природного происхождения отечественного производства [4].

Исследованиями доказано, что Д эффективно снижает скорость и степень окисления липидов, но зачастую в процессе хранения молочных консервов помимо окислительной порчи происходят как негативные структурные изменения, так и физико-химические преобразования отдельных фракций, приводящие к ухудшению органолептических показателей (вкуса, консистенции, цвета). Проявление таких дефектов, как правило, обусловлено спецификой состава и свойств сырьевых компонентов, особенностями технологического процесса, условиями складирования [5].

Именно поэтому в рамках комплексной научно-исследовательской работы, проведенной специалистами ФГБНУ «ВНИМИ» и НИИПХ Росрезерва по длительному хранению сгущенного цельного молока с сахаром и Д для изучения возможности пролонгирования его срока годности, наряду с обязательными исследованиями продукта на соответствие требованиям нормативной документации, проводили наблюдения за состоянием углеводной и липидной фаз образцов, выдерживаемых при различных температурах, в том числе для выявления возможного влияния режимов хранения и присутствия Д на микроструктурные изменения в консистенции продукта [6].

Проведение подобных исследований позволяет своевременно выявлять и предотвращать нарушения однородности состава продукта вследствие изменения его структуры, поскольку именно способность к сохранению однородной и текучей консистенции на протяжении длительного времени является важным показателем качества сгущенных молочных консервов [7, 8].

В эксперимент были взяты образцы от трех партий сгущенного цельного молока с сахаром: контрольная – без Д и две опытных с добавлением его в количестве 0,02 и 0,04 % от массы жира в продукте. Хранение образцов от каждой партии осуществляли при двух режимах среднегодовой температуры (СТ): +12 и +3 °С, а маркировка была произведена следующим образом:

- 1-О – контрольный образец продукта без Д, СТ +12 °С;
- 1-Х – контрольный образец продукта без Д, СТ +3 °С;
- 2-О – опытный образец продукта с 0,02 % Д, СТ +12 °С;
- 2-Х – опытный образец продукта с 0,02 % Д, СТ +3 °С;
- 3-О – опытный образец продукта с 0,04 % Д, СТ +12 °С;
- 3-Х – опытный образец продукта с 0,04 % Д, СТ +3 °С.

Контроль состояния углеводной и липидной фракций осуществляли путем микроскопирования. Оценку микроструктурных изменений в образцах продукта проводили с

использованием методов по определению размеров кристаллов молочного сахара, а также величины и состояния жировых шариков окуляр-микрометром при увеличении в 600 раз с использованием камеры Горяева и микроскопа «МИКМЕД-6» с камерой ТСА-5.0С фирмы ЛОМО по ГОСТ 29245-91 «Консервы молочные. Методы определения физических и органолептических показателей» (раздел 8 «Определение размеров кристаллов молочного сахара») и [9].

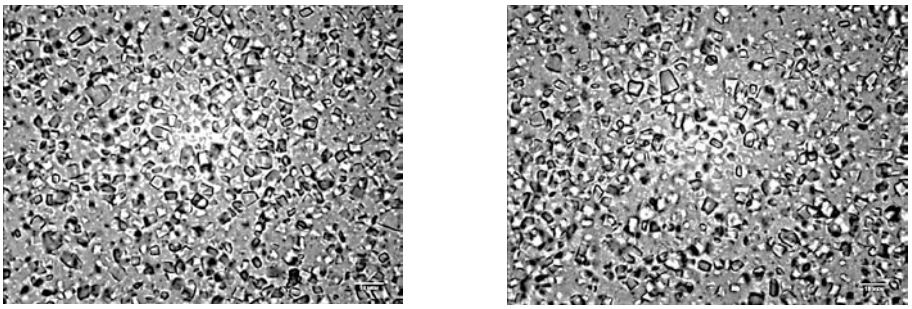
Данные, приведенные ниже, характеризуют микроструктурное состояние углеводной и липидной фаз каждого из образцов в начале эксперимента и после 29 месяцев хранения.

По результатам исследования микроструктурного состояния углеводной фазы установлено соответствие средних размеров кристаллов лактозы во всех образцах перед закладкой на испытание требованиям ГОСТ 31688-2012 (не более 15 мкм), что свидетельствует о правильно проведенной кристаллизации в процессе выработки продукта [10]. Итоговые значения после 29 месяцев хранения практически совпадают с этими показателями (табл. 1).

Таблица 1 – Размеры кристаллов молочного сахара в контрольных и опытных образцах

Нумерация образцов	Средний размер кристаллов перед закладкой на хранение, мкм	Средний размер кристаллов по окончании хранения, мкм	Минимальный размер отдельных кристаллов по окончании хранения, мкм	Максимальный размер отдельных кристаллов по окончании хранения, мкм
1-О	3,9	3,93	1,60	12,50
1-Х		3,74	1,56	12,10
2-О	4,3	4,37	1,59	10,88
2-Х		4,22	1,71	10,01
3-О	3,4	3,58	1,28	10,31
3-Х		3,59	1,61	10,24

Из представленных данных следует также, что максимальный размер крупных кристаллов лактозы не превышает 12,5 мкм. Согласно терминологической оценке консистенции молочных консервов с сахаром в зависимости от среднего размера кристаллов лактозы (однородная, гладкая, бархатистая (не более 10 мкм); слабо мучнистая (11–15 мкм); мучнистая (16–20 мкм); сильно мучнистая (20–25 мкм) и песчанистая (25 мкм и более)) консистенция всех исследованных образцов, вне зависимости от сроков и условий хранения, была охарактеризована как «однородная, гладкая, бархатистая» [11]. Таким образом, в результате 29 месяцев хранения не произошло заметных микроструктурных изменений ни в контрольных, ни в опытных образцах продукта, что наглядно демонстрируется приведенными для примера на рис. 1 фотографиями.



а **б**

Рисунок 1 – Состояние лактозы в образце 2-О: а – перед закладкой на хранение; б – после 29 месяцев хранения

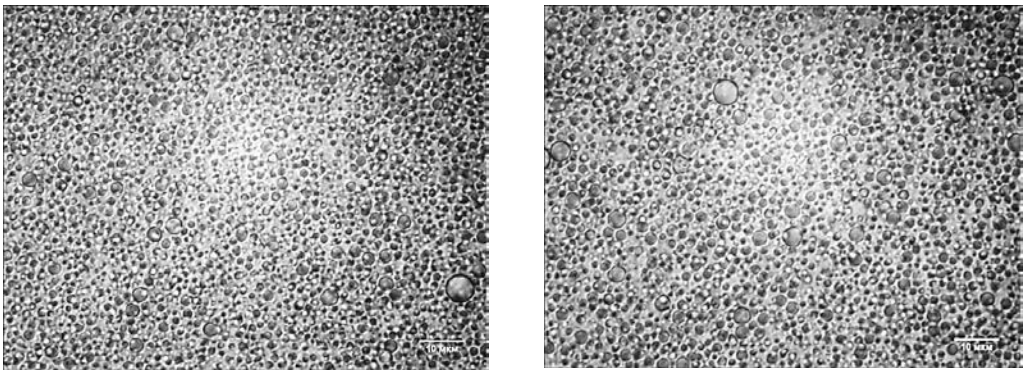
Дисперсность липидной фазы (применительно к сгущенному цельному молоку с сахаром) характеризует размер и состояние жировых шариков (в мкм) в продукте.

По результатам исследования установлено, что средний размер жировых шариков всех образцов после 29 месяцев хранения составил от 1,68 до 1,78 мкм, что практически не отличается от среднего размера жировых шариков в продукте перед его закладкой на длительное хранение (табл. 2), а также в промежуточных точках контроля в процессе эксперимента. Это свидетельствует об эффективности выбранного режима гомогенизации, способствующего сохранению устойчивости липидной фазы продукта, поскольку средний размер жировых шариков практически не превышал 2 мкм [11].

Таблица 2 – Размеры жировых шариков в контрольных и опытных образцах

Нумерация образцов	Средний размер жировых шариков перед закладкой на хранение, мкм	Средний размер жировых шариков по окончании хранения, мкм	Минимальный размер отдельных жировых шариков по окончании хранения, мкм	Максимальный размер отдельных жировых шариков по окончании хранения, мкм
1-О	1,59	1,95	0,94	5,69
1-Х		1,95	0,99	4,56
2-О	1,48	1,78	0,92	3,42
2-Х		1,68	0,87	3,17
3-О	1,45	1,78	0,86	3,45
3-Х		1,70	0,84	3,15

О дисперсности липидной фазы во всех исследуемых образцах можно составить общее представление по рис. 2, из которого отчетливо видно, что жировые шарики достаточно однородны и изолированы друг от друга. Не отмечено их конгломерирования с образованием скоплений, негативно отражающегося на консистенции продукта и способствующего отстаиванию жировой фракции, а также присутствия свободного жира, наиболее сильно подверженного окислительной и гидролизной порче.



а **б**

Рисунок 2 – Дисперсность липидной фазы в образце 2-О:
а – перед закладкой на хранение; б – после 29 месяцев хранения

В целом по результатам испытаний установлено, что в процессе длительного хранения не произошло существенных микроструктурных изменений в углеводной фазе и нарушений дисперсности липидной фазы во всех исследуемых образцах. Не отмечено органолептически ощутимых пороков консистенции, таких как: отстаивание жиробелкового

слоя в продукте, выпадение в осадок кристаллов лактозы, присутствие агломератов жировых шариков. Полученные результаты подтвердили положительное влияние качественного выполнения производителем всех этапов производственного цикла: от подбора и подготовки сырья, режимов гомогенизации и кристаллизации до санитарно-гигиенического состояния и производственного оснащения на стойкость продукта в течение 29 месяцев выдержки при указанных температурных режимах. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в процессе длительного хранения продукт, выработанный подобным способом, не будет утрачивать однородность консистенции и не произойдет его расслоения. При этом непременным условием выработки, помимо применения антиокислителя Д, должно являться использование изготовителем специальных технологических приемов, процессов, операций и научно обоснованной технологии хранения.

Список литературы

1. Indicators of quality of canned milk: russian and international priorities / A. N. Petrov [et al.] // Foods and Raw materials – 2017. – Vol. 5, № 2. – P. 151–161.

2. Научные основы и технологические принципы производства молочных консервов геродиетического назначения / А. Г. Галстян [и др.] // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 5. – С. 114–119.

3. Петров, А. Н. Актуальные аспекты противодействия фальсификации пищевых продуктов / А. Н. Петров, Р. А. Ханферьян, А. Г. Галстян // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 5. – С. 86–92.

4. Новый межгосударственный стандарт на антиокислитель дигидрокверцетин / И. А. Радаева [и др.] // Молочная промышленность. – 2016. – № 4. – С. 57–59.

5. Изучение технологических свойств дигидрокверцетина / И. А. Радаева [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 3. – С. 67–68.

6. Структурные изменения сгущенного молока с сахаром в процессе длительного хранения / И. А. Радаева [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 9. – С. 60–62.

7. Gnezdilova, A. I. Investigation of rheological characteristics of concentrated milk products with a complex carbohydrate and protein composition / A. I. Gnezdilova, T. Yu. Burmagina, L. A. Kurenkova // Foods and Raw materials. – 2015. – Vol. 3, № 2. – P. 60–64.

8. Development of osmotically active compositions for milk-based products with intermediate humidity / M. Strizhko [et al.] // Bulletin of the International Dairy Federation – 2014. – P. 35–40.

9. Инихов, Г. С. Методы анализа молока и молочных продуктов / Г. С. Инихов, Н. П. Брио – М. : Пищевая промышленность, 1971. – 425 с.

10. Lactose crystallization: current issues and promising engineering solutions / A. E. Rjabova [et al.] // Foods and Raw materials. – 2013. – Vol. 1, № 1. – P. 66–73.

11. Петров, А. Н. Теория и практика повышения устойчивости жировой фазы консервов на молочной основе общего и специального назначения : автореф. дис. … д-ра техн. наук / Петров Андрей Николаевич. – М., 2010. – 50 с.

УДК 664.38/664.6

ВЗАИМОСВЯЗЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СУХОЙ ПШЕНИЧНОЙ КЛЕЙКОВИНЫ С АМИНОКИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ И ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЕЕ КАЧЕСТВА

В. В. Колпакова
ВНИИ крахмалопродуктов – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем имени В. М. Горбатова» РАН, п. Красково, Московская область, Россия

Введение

Проблема обеспечения населения белком вызывает необходимость совершенствования процессов плучения белковых продуктов из растительного сырья и улучшения их функциональных свойств для коррекции пищевой, билогической ценности изделий и улучшения технологических показателей качества. Белковые продукты используются в пищевой промышленности благодаря широкому набору функциональных свойств, среди которых основными являются способность связывать воду, свзывать жир, образовывать и стабилизировать эмульсии и пены [1, 2]. В настоящее время интерес к сухой пшеничной клейковине (СПК) продлжает оставаться высоким, так она является натуральным и, практически, единственным белковым продуктом, выпускаемым в значительных количествах в промышленных масштабах из зерновых культур. Основными направлениями применения СПК является производство муки и хлеба [3-5], но для более широкого использования ее потенциала в производстве кондитерских (мучных, сбивных, пастильных), колбасных изделий, напитков и других продуктов осуществляют модификацию функциональных свойств, и прежде всего, биотехнологическими методами [6-8].

Для характеристики качества промышленной СПК обычно определяют только химический состав [9], но СПК после взаимодействия с водой может иметь различные реологические характеристики, обусловленные особенностями сорта, условиями выращивания пшеницы [10] или технологическими факторами производства белкового продукта. Реологические характеристики могут отражаться и на функциональных свойствах СПК, поэтому зная их значения предварительно можно определить области использования, не прибегая к более трудоемким методам анализа водосвязывающей, пенообразующей и жироэмульгирующей способнсти. С другой стороны, если учесть, что реологические показатели сырой клейковины обусловлены генетическими факторами, то возникает задача изучения взаимосвязи функциональных свойств СПК с ее аминокислотным составом как одного из важнейших признаков, характеризующего принадлежность к сорту пшеницы. Цель исследований – расширение сведений о физико-химических свойствах и особенностях белков СПК для научно обоснованного выбора вида и условий действия гидролизующих, сшивающих или других видов энзимов для модификации функциональных свойств.

Объекты и методы исследования

Объекты. Изучение взаимосвязи функциональных и реологических показателей СПК осуществляли с использованием 19 образцов производства компании «БМ» (Казахстан), качество и безопасность которых подтверждены Сертификатами соответствия. Для определения аминокислотного состава использовали три образца клейковины, плученные из типичного «сильного» сорта зерна Саратовская 29 (яровая), типично «слабого» – Акмолинка 1 (яровая) и типично среднего по качеству сорта Горьковская 52 (озимая).

Химический состав. Содержание белка в СПК и ее фракциях определяли по методу Кьельдаля на приборе Kjeltek фирмы «Tecator» (Швеция), массовую долю влаги – по ГОСТ 9404-88. Массовая доля белка в продуктах составляла 87,7–98,8 % на сухое вещество.

Приготовление регенерированной СПК и определение ее показателей качества. Из муки с выходом 60 %, полученной из типично сильного зерна сорта Саратовская 29 (яровая), типично «слабого» - Акмолинка 1 (яровая) и типично среднего по качеству сорта Горьковская 52 (озимая), вручную отмывали сырую клейковину и высушивали ее на

лиофильной установке KS (Чехия). СПК из сильного сорта зерна характеризовалась как малорастяжимая, «крепкая» с показателем прибора 55 ед., СПК из среднего по качеству сорта – растяжимая, «нормальная» с показателем 70 ед. приб., из слабого – как очень растяжимая и «слабая» с показателем 100 ед. приб. *Регенерацию СПК* осуществляли путем замешивания шарика теста из (4 ± 0,01) г муки с водопроводной водой при температуре (19 ± 1) °С, последующей отлежкой его в течение 20 минут и отмыванием от крахмала под струей воды. Время отмывания – 10–15 минут. Показатели качества регенерированной СПК оценивали по *выходу* (ГОСТ Р 54478-2011), *деформации сжатия (упругости)* ($H_{деф.}$), измеряемой на приборе ИДК-1 (ГОСТ 27839 – 88) и гидратационной способности. Для определения гидратационной способности (ГС) навеску (4 ± 0,01) г сырой регенерированной клейковины высушивали в течение 10 минут на приборе ПИВИ-1. Расчет ГС в процентах проводили по формуле: *ГС Вх100/СВ*, где *В* – масса влаги в навеске, *СВ* – содержание сухого вещества в навеске.

Фракционирование белков клейковины. В центрифужную пробирку помещали 0,9 г СПК, взвешенной с точностью ±0,001г, приливали 30 см^3 70 % этанола, встряхивали 1 ч и оставляли на ночь. На следующий день вновь встряхивали 1 час и центрифугировали 15 минут при 8000xq. Центрифугат сливали, к осадку добавляли 30 см^3 этанола, встряхивали 1 час и центрифугировали. Последнюю операцию повторяли еще один раз. Объединенные экстракты представляли собой глиадин. Этанол досуха отгоняли на роторном испарителе, медообразный глиадин лиофильно высушивали. К остатку после удаления глиадина добавляли 0.1н раствор CH_3COH при соотношении 1:30 по сухому веществу и проводили операции выделения растворимого глютенина при 4 °С, аналогичные стадиям получения глиадина. На роторном испарителе удаляли уксусную кислоту, остаток промывали водой и лиофильно высушивали. Остаток представлял собой нерастворимый глютенин.

Анализ аминокислотного состава СПК и ее фракций. Для анализа использовали жидкостной хроматограф фирмы «Hitachi» (Япония) в режиме с сульфированным сополимером стирола с дивинилбензолом и ступенчатым градиентом натрий-цитратных буферных растворов с возрастающим значением pH и молярности. Навеску 3–5 мг образца помещали в стеклянную ампулу, добавляли 300 мкл смеси концентрированной соляной и трифторуксусной кислот (2:1) с 0,1 % 2-меркаптоэтанолом. Образец замораживали в жидком азоте, вакуумировали и проводили гидролиз при 155 °С в течение 1 ч. Гидролизуемую смесь упаривали нга роторном испарителе (Centrivap Concentrator Labconco, USA). К остатку добавляли 0,1н HCl и центрифугировали 5 мин при 8000 xq на центрифуге Microfuge 22R (Beckman-Coulter, USA).

Определение функциональных свойств СПК. Функциональные свойства образцов СПК разного качества определяли по методикам, описанным в работе [11].

Статистическая обработка. Анализы проводились в трех-пяти повторностях, результаты представляли как средние арифметические. Для определения доверительного интервала среднего арифметического результата использовали критерий Стьюдента на уровне значимости p = 0,05. Математическую обработку результатов проводили с программами Statistica 6.0, Mathematica 5.2. и TableCurve 3D v4.0.01.

Результаты и обсуждение

Зависимость функциональных свойств СПК от показателей качества

Взаимосвязь показателей качества СПК и ее функциональных свойств исследована с испльзованием 19 образцов разного качества. Из полученных данных видно, что образцы СПК отличались как по показателям качества (табл.1), так и по функциональным свойствам (табл.2). Выход регенерированной СПК находился в пределах 201÷247%, деформация сжатия (Н деф.) – 42÷79 ед. приб., гидратационная способность - 140÷186%. Водосвязывающая способность (ВСС) изменялась в пределах 2,27–2,70 г/г; жиросвязывающая способность (ЖСС) – 0,95–2,35 г/г; жироэмульгирующая способность (ЖЭС) – 49–67 %; стабильность эмульсии (СЭ) – 88–116 %, пенообразующая способность (ПОС) и стабильность пены (СП) – 170–227 и 55–70 %, соответственно.

Таблица 1 – Показатели качества СПК разного качества

№ п/п	Выход, %	Н деф., ед. приб.	Гидратационная способность, %
1	201±1,0	42±0,2	150±1,0
2	222±0,5	50±0,5	180±1,1
3	221±1,0	53±0,5	173±0,6
4	247±2,0	62±0,2	186±0,8
5	222±0,2	65±0,7	176±0,7
6	228±0,8	71±1,0	147±0,5
7	231±0,7	70±1,0	168±0,3
8	231±0,3	70±0,4	174±0,1
9	229±0,4	72±1,0	168±0,1
10	233±0,2	72±1,0	180±0,4
11	239±0,4	72±0,5	182±1,0
12	232±0,5	73±0,7	186±0,8
13	234±0,7	73±0,8	172±0,5
14	234±0,2	73±0,2	163±0,4
15	239±0,3	73±0,5	140±0,5
16	224±0,5	75±1,0	176±0,4
17	228±0,4	75±0,6	142±0,7
18	228±0,6	75±0,7	168±1,3
19	231±0,7	79±0,7	194±0,9

Таблица 2 – Функциональные свойства СПК разного качества

№ п/п	ВСС, г/г	ЖСС, г/г	ПОС, %	СП,%	ЖЭС, %	СЭ, %
1	2,27±0,03	0,95±0,04	210±2,0	67±0,5	59±1,0	90±1,0
2	2,33±0,02	1,86±0,03	190±3,0	66±1,0	61±1,0	111±1,0
3	2,53±0,01	2,20±0,05	195±1,0	66±0,5	63±1,5	108±2,0
4	2,39±0,03	2,32±0,06	220±2,0	70±0,5	60±1,2	103±2,0
5	2,45±0,03	2,16±0,05	200±2,0	68±1,0	49±2,5	108±1,0
6	2,46±0,05	2,20±0,03	170±1,0	63±1,0	66±2,0	93±3,0
7	2,58±0,01	2,18±0,08	173±1,0	67±1,0	60±1,0	116±2,0
8	2,66±0,02	2,26±0,04	187±2,0	66±1,0	66±2,0	91±2,0
9	2,59±0,03	2,23±0,03	193±3,0	62±1,0	59±1,0	99±3,0
10	2,49±0,03	2,24±0,05	183±1,0	60±1,0	62±2,0	100±1,0
11	2,70±0,05	2,23±0,02	200±2,0	65±1,5	60±1,0	108±2,0
12	2,42±0,04	2,21±0,01	197±1,0	61±1,0	58±1,0	106±1,0
13	2,56±0,03	2,18±0,03	210±0,0	64±0,5	61±1,0	104±1,0
14	2,40±0,07	2,20±0,05	183±0,0	60±1,0	63±2,0	95±2,0
15	2,62±0,05	2,18±0,06	197±3,0	66±1,5	61±3,0	113±2,0
16	2,67±0,03	2,30±0,04	200±1,0	55±1,0	67±3,0	90±3,0
17	2,68±0,04	2,34±0,03	193±2,0	64±2,0	66±1,0	88±1,0
18	2,49±0,01	2,20±0,08	200±3,0	65±1,5	60±1,0	93±2,0
19	2,30±0,02	2,35±0,04	213±1,0	59±1,0	58±2,0	98±1,0

Закономерности зависимостей, обработанные с элементами статистики, позволили получить уравнения регрессии, адекватно описывающие взаимосвязь между функциональными свойствами с одной стороны и показателями качества СПК (выход и деформация сжатия) – с другой. Вид уравнений следующий:

Пенообразующая способность, %:

ПОС = $-663554.86+11657.962*x-76.618*x^2+0.22337499*x^3-0.00024374999*x^4-6.564*y+0.058*y^2$; (1)

Водосвязывающая способность, г/г:

ВСС = $6222.6-212.8x+3.4x^2-0.3018x^3-14.2y+0.03y^2$; (2)

Жироэмульгирующая способность, %:

ЖЭС = $-14319-19.31x+0.33x^2-0.0017x^3+195.6y-0.86y^2+0.0013y^3$; (3)

Жиросвязывающая способность, г/г:

ЖСС= $-4537.06+210.88x-3.17x^2+0.0157x^3+2.18y-0.01y^2+1.62y^3$; (4)

где x – Н деф., ед. приб.; y – выход сырой клейковины, %.

Из трехмерных картин изображения зависимостей (рис. 1), следует, что наибольшими значениями ПОС обладали образцы СПК с Н деф. 70–80 ед. приб., наименьшими – с Н деф., равной 50 ед. приб.. Чем слабее была регенерированная клейковина, тем ее ПОС выше. Показатель ВСС также взаимосвязан с упругостью (Н деф.) клейковины: более высокие значения ВВС имели образцы со значениями Н деф., равными 65–75 ед. приб. (рис. 2 А). Однозначной зависимости между выходом регенерированной клейковины и ВСС, как и для ПОС, не выявлено. Данные зависимости ЖЭС СПК от исследуемых факторов, приведенные на рис. 2, Б, показывают, что самой высокой ЖЭС обладали образцы СПК с Н деф. 70–80 ед. приб. и выходом сырой клейковины 210–220 %. Чем слабее была регенерированная клейковина и чем выход ее меньше, тем ЖЭС СПК была выше. Из картины влияния выхода и показателя деформации сжатия СПК на ЖСС (рис. 2, С) следует, что самые низкие показатели ЖСС наблюдались у образцов с Н деф. 50 ед. приб., самые высокие – у СПК со значениями 60-65 ед. приб. Следовательно, данное свойство также можно оценивать с помощью упругости белкового комплекса СПК. Влияние выхода СПК на ЖСС незначительное, поэтому использовать его для оценки данного свойства также не целесообразно. Определение гидратационной способности СПК (рис. 3) показало, что с увеличением ее значения ПОС закономерно повышалась (рис. 3, А), а ЖЭС – уменьшалась (рис. 3, Б). Коэффициенты корреляции (r) равнялись 0,78 и - 0,72, соответственно. Показатели ВСС и ЖСС клейковины не зависели от значений ее гидратационной способности.

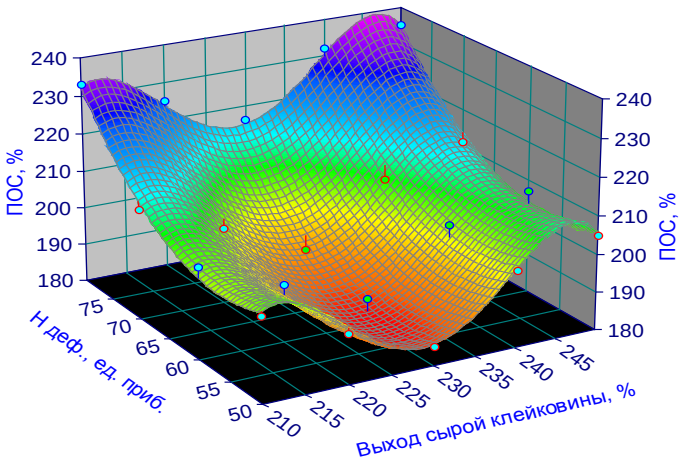
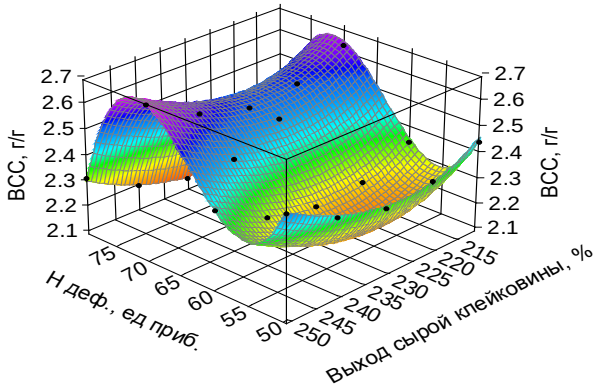
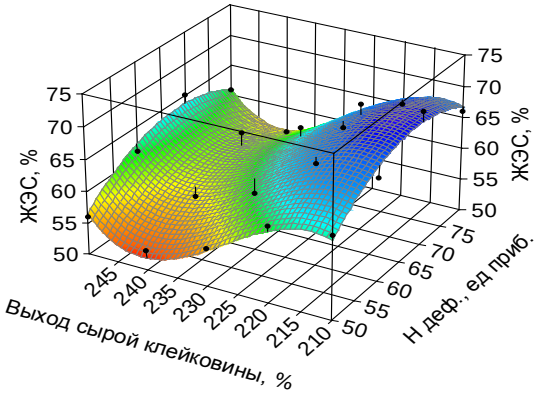


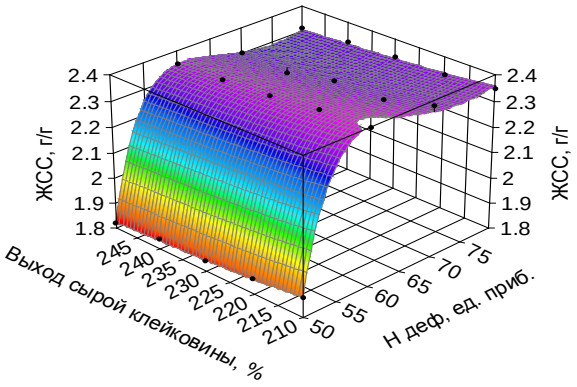
Рисунок 1 – Взаимосвязь ПОС с упругостью и выходом регенерированной СПК



А



Б



С

Рисунок 2 – Влияние выхода и деформации сжатия СПК на функциональные свойства: А – ВСС; Б – ЖЭС; С – ЖСС

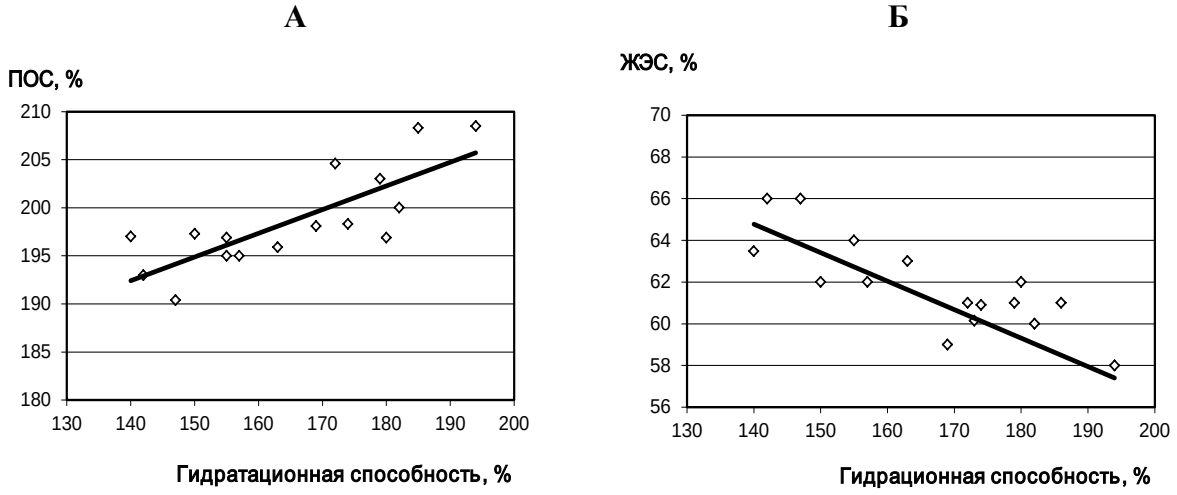


Рисунок 3 – Влияние гидратационной способности СПК на ПОС и ЖЭС

Зависимость функциональных свойств от аминокислотного состава СПК и ее фракций

Взаимосвязь функциональных свойств СПК с особенностями аминокислотного состава белков изучали на примере трех образцов разного качества (крепкая, хорошая, слабая) и основных ее фракций (глиадин, растворимый и нерастворимый глютенин). От соотношения и вида аминокислот, как известно, зависят поверхностные свойства белков, следовательно, и их функциональные свойства. Поэтому рассчитана сумма полярных (лизин, аспарагиновая, глютаминовая кислоты, аргинин) и неполярных аминокислот (глицин, (таблица 3) фенилаланин, аланин, лейцин, метионин, изолейцин, валин валин, пролин) в СПК и ее фракциях. Коэффициенты парной корреляции, отражающие взаимосвязь показателей аминокислотного состава СПК и ее фракций с функциональными свойствами, приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции между функциональными свойствами СПК разного качества и суммой аминокислот

Сумма аминокислот	Функциональные свойства					
	Растворимость, %	ВСС, г/г	ЖСС, г/г	ЖЭС, %	ПОС, %	СП, %
Пшеничная клейковина и ее фракции:						
Пшеничная клейковина						
Полярные	−0,96	0,54	0,95	−0,78	−0,66	0,22
Неполярные	0,98	−0,36	−0,76	0,86	−0,11	−0,36
Глиадин						
Полярные	−0,97	−0,20	0,78	−0,84	0,21	0,21
Неполярные	−0,21	−0,42	−0,30	0,70	0,79	0,99
Растворимый глютенин						
Полярные	0,62	−0,67	−0,85	−0,62	−0,67	0,54
Неполярные	0,88	0,62	−0,92	−0,39	0,80	0,14
Нерастворимый глютенин						
Полярные	0,24	−0,98	−0,86	−0,61	0,97	−0,49
Неполярные	0,10	0,57	−0,52	−0,74	0,95	0,90

Таблица 3 – Аминокислотный состав пшеничной клейковины разного качества и ее фракций, г/100 г белка

Аминокислота	Крепкая СПК				Хорошая СПК				Слабая СПК			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Лизин	2,24	0,70	1,17	2,63	1,57	0,60	1,27	1,74	1,51	0,79	1,21	1,20
Гистидин	2,27	1,81	1,47	2,24	1,99	1,70	1,60	1,76	2,04	1,49	1,20	1,67
Аргинин	3,62	2,87	2,85	3,96	3,76	2,55	3,62	4,24	3,43	2,51	3,10	3,44
Аспарагиновая кислота	3,75	2,84	2,69	4,09	3,17	3,12	2,62	3,89	3,32	2,95	1,99	4,44
Треонин	2,37	2,20	2,73	5,13	5,16	2,24	2,58	3,95	2,55	2,49	2,96	4,40
Серин	4,87	4,12	3,33	4,25	3,05	4,64	4,61	5,23	4,93	3,97	6,08	8,12
Глутаминовая кислота	40,16	50,86	49,56	33,15	43,59	50,53	44,36	31,88	43,66	50,96	42,06	30,47
Пролин	18,19	18,09	17,40	12,08	17,16	20,95	15,44	10,73	19,12	18,73	14,62	8,47
Глицин	3,96	1,89	3,43	5,32	3,66	1,69	3,51	4,37	4,16	1,63	3,55	5,90
Аланин	3,34	2,50	2,53	2,71	3,34	2,27	2,05	2,90	2,89	2,25	1,97	3,19
Валин	4,58	5,15	4,53	3,96	5,08	5,11	3,69	4,56	4,52	4,74	3,58	3,79
Метионин	2,13	1,64	1,78	1,79	1,73	1,48	1,21	1,33	1,91	0,95	1,21	1,59
Цистин (1/2)	5,43	5,10	5,74	5,10	3,25	2,72	3,91	2,81	1,91	2,84	4,23	2,60
Изолейцин	4,80	5,10	3,65	2,95	4,49	4,84	3,42	3,33	4,42	4,42	3,32	3,26
Лейцин	7,84	8,44	7,34	6,82	8,08	7,83	6,34	7,33	7,99	7,15	5,92	6,37
Тирозин	3,88	3,01	3,53	3,90	3,65	2,87	3,55	3,45	3,48	2,88	3,48	4,62
Фенилаланин	6,76	6,61	5,97	4,06	7,48	7,07	5,25	5,49	7,05	6,68	5,20	2,83
Сумма полярных аминокислот	49,77	57,27	56,27	43,83	52,09	56,80	50,60	41,75	51,92	57,21	44,05	39,55
Сумма неполярных аминокислот	52,20	49,42	46,63	39,69	51,02	51,27	40,91	40,04	52,06	46,55	39,93	35,4

Примечание: 1 – Клейковина; 2 – Глиадин; 3 – Растворимый глютенин; 4 – Нерастворимый глютенин

Установлено, что у целого комплекса СПК разного качества высокая положительная корреляция между суммой полярных аминокислот и ЖСС, высокая отрицательная – между суммой этих же аминокислот и растворимостью. Высокая взаимосвязь обнаружена для ЖЭС и суммы неполярных аминокислот (r = 0,86). Для глиадиновой фракции закономерности взаимосвязи суммы полярных аминокислот с ЖСС и растворимостью аналогичные закономерностям целого комплекса СПК, а для суммы неполярных аминокислот выявлена дополнительная взаимосвязь: чем выше их содержалось в глиадине, тем больше ПОС, СП и ЖЭС клейковины (r = 0,70 ± 0,99). Для суммы неполярных аминокислот в растворимой фракции имелась высокая отрицательная корреляция с ЖСС, высокая положительная – с растворимостью и ПОС. Чем больше сумма полярных аминокислот во фракции, тем меньше значения ЖСС, ЖЭС, ПОС, но выше растворимость СПК. Функциональные свойства СПК взаимосвязаны и с особенностями аминокислотного состава нерастворимого глютенина: чем больше содержалось в нем неполярных аминокислот, тем выше значения ПОС, стабильности пены и ЖЭС. Количество полярных аминокислот также прямо пропорционально значениям ПОС, но обратно пропорционально значениям ВСС и ЖСС.

Заключение

Разработку способов регулирования функциональных свойств СПК биотехнологическими методами целесообразно осуществлять с учетом зависимости их от показателей качества и аминокислотного состава. Для растворимости белков СПК установлена высокая положительная корреляция с суммой неполярных аминокислот как целой клейковины, так ее фракций: глиадина и растворимого глютенина. Для ВСС клейковины характерна обратная зависимость от суммы полярных аминокислот обеих фракций глютенина, для ЖСС - прямая зависимость от суммы полярных аминокислот глиадина и целой клейковины и, обратная - от суммы неполярных аминокислот спирторастворимой фракции. ЖЭС положительно коррелировала с суммой неполярных аминокислот целого комплекса клейковины и глиадина и отрицательно с - суммой полярных аминокислот СПК и всех ее фракций. Функциональные свойства СПК возможно предсказывать и, исходя из показателей качества регенерированного комплекса: гидратации и деформации сжатия (упругости), Наибольшей ПОС обладала СПК с гидратационной способностью 190–200 %, наибольшей ЖЭС – с значениями 140–150 %. В целях обеспечения большей ПОС целесообразно использовать СПК с Н деф. 70–80 ед. приб., большей способности эмульгировать и связывать жир – с значениями 60–80 ед. приб., связывать воду – с показателем упругости СПК 50-70 ед. приб.

Список литературы

1. Majzoobi, M. Effects of pH changes on functional properties of native and acetylated wheat gluten / M. Majzoobi, E. Abedi // Journal homepage. – 2014. – Vol. 21. – No. 3. – P. 1219–1224.

2. The effect of ultrasound on the functional properties of wheat gluten / H. Zhang, I. P. Claver, K.-X. Zhu, H. Zhou // Molecules. – 2011. – Vol. 16. – P. 4231–4240. DOI: 10.3390/molecules16054231.

3. Ma, F. Qualitative effect of added gluten on dough properties and quality of Chinese steamed bread / F. Ma, B.-K Baik // Cereal Chemistry. – 2017. – Vol. 94. – No. 5. – P. 827–833. DOI: 10.1094/cchem-11-16-0274-R.

4. Applications of composite flour in development of food products / M. Noorfarahzilah, J.S. Lee, M.S. Sharifudin, F.A. Mohd, M. Hasmadi // International Food Research J. – 2014. – Vol. 21. – No. 6. – P. 2061–2074.

5. Batey, I. L. Gluten and modified gluten / I. L. Batey, W. Huang // Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). – 2016. – Vol. 3. – P. 408–413. DOI: 10.1016/B978-0-12-394437-5.00157-1.

6. Structural modification of wheat gluten by dry heat-enhanced enzymatic hydrolysis / H. Zhang, I. P. Claver, Q. Li, K. Zhu, W. Peng, H. Zhou // Food Technol. Biotechnol. – 2012. – Vol. 50. – No. 1. – P. 53–58.

7. Wheat gluten proteolysis by enzyme preparations of directional action / V. V. Kolpakova, L. V. Chumikina, A. V. Vasil'ev, L. I. Arabova, A. F. Topunov // Int. J. Agronomy and Agri. Res. – 2014. – Vol. 5. – No. 2. – P. 72–86.

8. Imunological effects of transglutaminase-treated gluten in celiac disease / L. Elli [et al.] // Human Immunology. – 2012. – Vol. 73. – P. 992–997.

9. American Association of Cereal Chemists (AACCI) / Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, tenth ed. AACC International. Methods, 44–15A, 46–12, 08–01, 66–50, 76–13, 30–10. (2000).

10. Физико-химические свойства белков пшеницы, выращенной в резко-контрастных климатических условиях / В. В. Колпакова, Е. Н. Молчанова, А. В. Васильев, Л. В. Чумикина // Прикладная биохимия и микробиология. – 2007. – Т. 43. – № 3. – С. 382–389.

11. Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten / V. V. Kolpakova [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – No. 2. – P. 48–57. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-2-48-57.

УДК 621.56:637.1

ВЛИЯНИЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ НА АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

Е. В. Короткая
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Бактериальные закваски, содержащие молочнокислые микроорганизмы, незаменимы при производстве различных кисломолочных продуктов и сыров. Благодаря развитию полезной микрофлоры в молочном сырье протекают биохимические реакции, в результате которых формируются органолептические, физико-химические и микробиологические показатели готовых продуктов [1–3].

Одним из методов консервации и хранения бактериальных заквасок, применяемых в молочной промышленности, является замораживание. Замораживание может привести к таким нежелательным эффектам, как повреждение клеточной мембраны, денатурация белков, изменение ДНК микроорганизмов [4–8]. На устойчивость микроорганизмов к замораживанию влияют следующие факторы: род и вид микроорганизма, условия и стадии развития, температура, скорость замораживания, среда замораживания и время хранения [3].

Низкотемпературное воздействие приводит к внутри- и внеклеточным изменениям микроорганизмов. Значительное повреждающее действие оказывает внутриклеточное образование льда, при этом происходит нарушение плазматических мембран и клеточных оболочек. Кроме того, образование льда приводит к повышению концентрации внутри- и внеклеточных растворов, что ведет к денатурации белков и нарушению барьеров проницаемости [3].

Увеличить жизнеспособность микроорганизмов при замораживании можно, замедляя процесс внутриклеточного льдообразования. Как видно из некоторых исследований [9–11], в этом случае в качестве среды культивирования для молочнокислых бактерий может быть выбрано обезжиренное молоко.

Предыдущие исследования [12, 13] показали, что для полного представления о влиянии низкотемпературного воздействия на бактериальные культуры недостаточно определить их выживаемость при замораживании и низкотемпературном хранении. Представляется интересным исследовать влияние низкотемпературного воздействия на мембрану клетки и изменение автолитической активности, кислотообразующую активность.

Целью данной работы являлось исследование влияния замораживания на выживаемость, кислотообразующую активность, автолиз клеток и антагонистические свойства некоторых видов молочнокислых микроорганизмов.

Для исследований были выбраны штаммы промышленно значимых бактерий *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Streptococcus termophilus*.

Для культивирования и дифференциации молочнокислых бактерий использовали различные, подходящие для каждого вида микроорганизмов модифицированные питательные среды. Фазу роста культуры бактерий контролировали спектрофотометрически при длине волны 650 нм. Для замораживания использовали культуры в стационарной фазе роста. Клетки отделяли центрифугированием при 4000 об./мин в течение 20 мин при 4 °С. Полученный осадок дважды промывали 0,01 М калий фосфатным буфером при pH = 7,0. Гранулы растворяли в обезжиренном молоке в соотношении 10:1.

Замораживание производили при температуре −45 °С в хладоносителе (этанол), в специальных низкотемпературных камерах [3]. Замороженные бактериальные культуры хранили в термоизолированных контейнерах при температуре −45 °С. Перед проведением исследований культуры размораживали на водяной бане при 20 °С.

Выживаемость микроорганизмов (*B*, %) рассчитывали по формуле:

$$B = \frac{N}{N_0} \cdot 100,$$

где N_0 и N – количество микроорганизмов до и после замораживания соответственно.

Для определения автолитической активности бактериальные клетки выделяли центрифугированием, дважды промывали 0,01М калий фосфатным буфером при *pH* = 7,0. Полученные гранулы ресуспендировали в калий фосфатном буфере (10 ммоль/л, *pH* = 5,5), содержащем 1 моль/л *NaCl* и далее разбавляли до величины D_{650} = 1, используя спектрофотометр КФК–3-01. Автолитические свойства определяли как процентное снижение абсорбции при длине волны 650 нм [14].

Активность бактериальных заквасок определяли по продолжительности сквашивания обезжиренного пастеризованного молока при внесении в него 5 % закваски.

Антагонистическую активность молочнокислых бактерий по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам исследовали методом in vitro при совместном культивировании с патогенными тест-штаммами по зоне задержки роста тест микробов методом перпендикулярных штрихов [15].

В табл. 1 представлены результаты влияния замораживания на выживаемость микроорганизмов через 1 день после замораживания и при хранении в течение 1, 3 и 6 месяцев.

Таблица 1 – Влияние замораживания на выживаемость микроорганизмов

Род и вид микроорганизмов	Продолжительность хранения, сутки			
	1	30	90	180
L. acidophilus	94,00	92,00	90,00	84,00
L. bulgaricus	98,33	96,67	95,30	93,70
Lac. lactis	99,00	98,65	97,00	95,50
Lac. lactis subsp. *cremoris*	99,10	97,90	97,50	96,70
Str.termophilus	97,50	96,50	96,25	95,10

Через 24 ч. после замораживания значения показателей выживаемости, исследуемой группы микроорганизмов, находились в пределах 99,1–94 %. После 6 месяцев хранения наибольшая выживаемость микроорганизмов была отмечена для *Lac. lactis* subsp. *cremoris,* а наименьшая для *L. acidophilus.*

Была проведена оценка влияния замораживания на способность молочнокислых бактерий к автолизу, в результате которого освобождаются эндоферменты, способные оказывать влияние на процесс производства кисломолочных продуктов, в частности на созревание сыров.

Как видно из рис. 1 в результате низкотемпературного воздействия автолитическая активность клеток молочнокислых бактерий увеличивается. Количество клеток подверженных автолизу для *L. acidophilus* и *L. bulgaricus* увеличилось на 17 и 32 % соответственно. Наименьшее увеличение количества клеток подверженных лизису было у *Str. termophilus* – 7,5 %.

Одним из важнейших показателей производственной пригодности бактериальных заквасок является активность сквашивания. Функциональную активность молочнокислых бактерий до замораживания, а также после замораживания и хранения в течении 6 месяцев оценивали по продолжительности свертывания молока (табл. 2).

Замороженные и хранившиеся в течение 6 месяцев культуры микроорганизмов показали достаточно высокую активность кислотообразования. Продолжительность свертывания молока увеличилась для всех культур в среднем на 0,3 ч.

В табл. 3 представлены данные об антагонистической активности свежих и замороженных культур после 6 месяцев хранения.

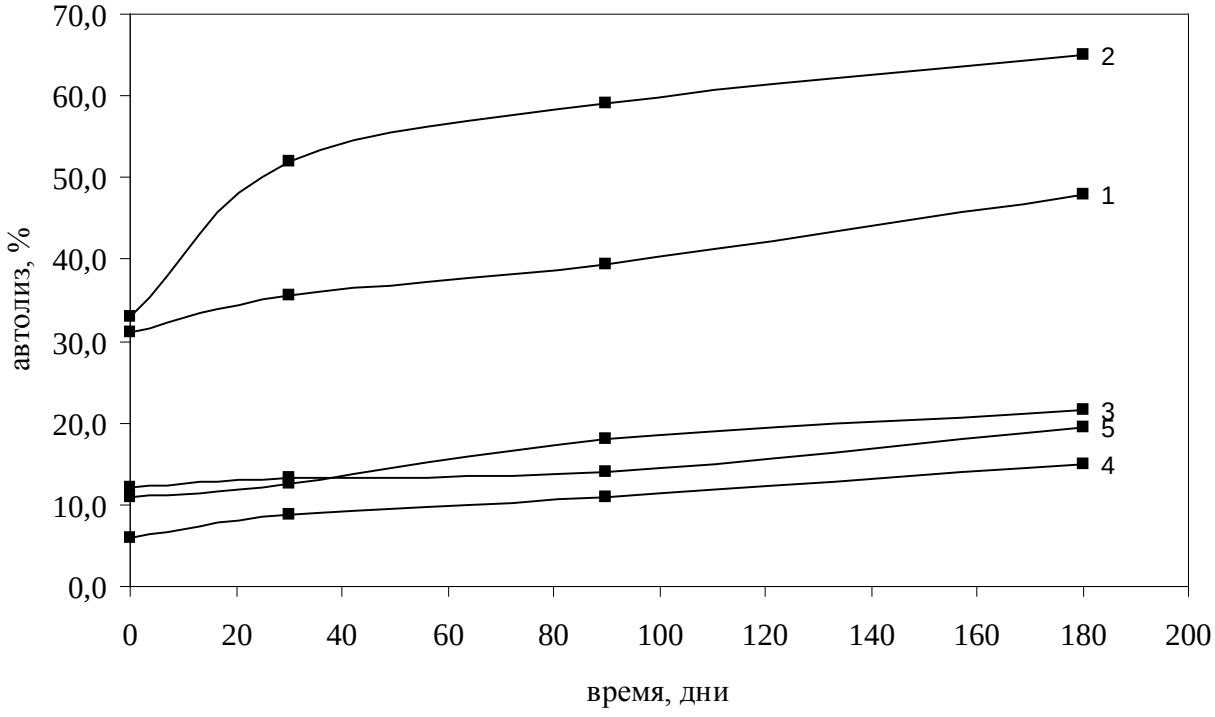


Рисунок 1 – Изменение количества клеток, подверженных автолизу в зависимости от времени хранения замороженных культур: 1 – *L. acidophilus*, 2 – *L. bulgaricus*, 3 – *Lac. lactis*, 4 – *Lac. lactis* subsp. *cremoris*, 5 – *Str. termophillus*

Таблица 2 – Изменение активности кислотообразования микроорганизмов

Род и вид микроорганизмов	Активность сквашивания, час (Δ ± 0,5)	
	исходная	после замораживания
L. acidophilus	4,0	4,5
L. bulgaricus	4,0	4,5
Lac. lactis	4,0	4,0
Lac. lactis subsp. *cremoris*	6,0	6,2
Str.termophilus	3,5	4,0

Таблица 3 – Антагонистическая активность молочнокислых микроорганизмов до и после замораживания

Название микроорганизма	Зона задержки роста, мм (Δ ± 1,0)				
	E. coli	*Sh. flexneri*	*S. aureus*	*Proteus vulgaris*	*Proteus mirabilis*
L. acidophilus	13/13	12/11	14/13	12/10	13/12
L. bulgaricus	13/11	12/10	9/7	19/18	17/15
Lac. lactis	12/11	–	13/12	–	–
Lac. cremoris	11/10	12/11	10/9	–	10

Все исследуемые микроорганизмы обладали высокой антагонистической активностью, зона задержки роста патогенных тест-культур составила более 10 мм. В результате замораживания и низкотемпературного хранения антагонистическая активность микроорганизмов практически не изменилась, отмечено незначительное уменьшение зоны задержки роста тест-микробов в среднем на 1–2 мм.

Проведенные исследования показали, что замораживание и низкотемпературное хранение приводит к снижению выживаемости молочнокислых микроорганизмов на 3–16 %, в зависимости от их рода и вида. Аналогичные данные были получены для *L. acidophilus, Lac. lactis, Lac. cremoris, Str. termophillus L. bulgaricus* [5, 7, 12], *Str. termophillus* [6]. Замораживание бактериальных культур в жидком хладоносителе позволяет свести к минимуму деструктивные факторы, возникающие при кристаллизации влаги в клетках и межклеточном пространстве, и приводящие к гибели микооорганизмов.

Полученные нами результаты не показали прямой взаимосвязи между выживаемостью микроорганизмов и изменением автолитической активности под действием замораживания, что согласуется с результатами S. Kandil and M. El Soda [7]. Клетки *L. acidophilus* и *L. bulgaricus* оказались большей степени подвержены автолизу, чем клетки *Lac. lactis, Lac. lactis* subsp. *cremoris* и *Str. termophilus*.

Замораживание и низкотемпературное хранение незначительно повлияло на продолжительность сквашивания молока молочнокислыми бактериями.

Антагонистическая активность бактериальных культур после замораживания и хранения в течении 6 месяце, также практически не изменилась.

Замораживание в жидком хладоносителе и дальнейшее низкотемпературное хранение в большей степени оказало влияние на выживаемость бактерии рода *Lactobacillus*, и в меньшей степени на бактерии рода *Lactococcus* и *Streptococcus.*

Было отмечено, что лактобактерии (молочнокислые палочки) в большей степени подвержены автолизу, чем молочнокислые стрептококки, представляющие собой сферические или овальные клетки.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния различной температуры замораживания на автолиз клеток и внутриклеточную ферментативную активность молочнокислых микроорганизмов.

Список литературы

1. Тамим, А. Й. Йогурт и аналогичные кисломолочные продукты: научные основы и технологии; пер. с англ. под науч. ред. Л. А. Забодаловой / А. Й. Тамим, Р. К. Робинсон. – СПб. : Профессия, 2003. – 664 с.

2. Santivarangkna, C. Alternative Drying Processes for the Industrial Preservation of Lactic Acid Starter Cultures / C. Santivarangkna, U. Kulozik, P. Foerst // Biotechnology Progress. – 2007. – Vol. 23. – P. 302–315. DOI: 10.1021/bp060268f.

3. Короткая, Е. В. Низкотемпературное консервирование бактериальных заквасок / Е. В. Короткая, И. А. Короткий. – Saarbrucken : LAP, 2013. – 81 с.

4. Subcellular membrane fluidity of *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* under cold and osmotic stress / J. Meneghel [et al.] // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2017. – Vol. 101. – Issue 18. – P. 6907–6917. DOI: 10.1007/s00253-017-8444-9.

5. Biophysical characterization of the *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* membrane during cold and osmotic stress and its relevance for cryopreservation / J. Meneghel [et al.] // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2017. – vol. 101. – Issue 4. – P. 1427–1441. DOI: 10.1007/s00253-016-7935-4.

6. Fonseca, F. Operating conditions that affect the resistance of lactic acid bacteria to freezing and frozen storage / F. Fonseca, C. Béal, G. Corrieu // Cryobiology. – 2001. – Vol. 43 (3). – P. 189–198. DOI: 10.1006/cryo.2001.2343.

7. Kandil, S. Influence of freezing and freeze drying on intracellular enzymatic activity and autolytic properties of some lactic acid bacterial strains / S. Kandil, M. El Soda // Advances in

Microbiology. – 2015. – № 5. – P. 371–382. DOI: 10.4236/aim.2015.56039.

8. Buaynov, O. N. The physical and chemical changes of water and the hydration of the protein complex in cheese during freezing / O. N. Buaynov, I. V. Buaynova // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4. – № 1. – P. 13–18. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-1-13-18.

9. Impact of water activity, temperature, and physical state on the storage stability of *Lactobacillus paracasei ssp. Paracasei* freeze-dried in a lactose matrix / B. Higl [et al.] // Biotechnology Progress. – 2007. – Vol. 23. – P. 794–800. DOI: 10.1002/bp070089d.

10. Higl, B. Bedeutung der Verfahrenstechnik und das Glaszustands fuer die Stabilitaet vom Mikroorganismen waehrend der Lyophilisation und der Lagerung / B. Higl, Technische Universitaet Muenchen, Disseratation. Available at: https://mediatum.ub.tum.de/doc/651759/file.pdf.

11. Production of dry *Lactobacillus rhamnosus* Preparations by spray drying and lyophilization in aqueous two-phase systems / K. Leja [et al.] // Acta Scientiarum Polonorum:Technologia Alimentaria. – 2009. – P. 39–49.

12. Fonseca, F. Method of quantifying the loss of acidification activity of lactic acid starters during freezing and frozen storage / F. Fonseca, C. Béal, G. Corrieu // Journal of Dairy Research. – 2000. – Vol. 67. – P. 83–90. DOI: 10.1017/S002202999900401X.

13. Korotkaya, E. V. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of lactobacillus bulgaricus / E. V. Korotkaya, I. A. Korotkiy // Foods and Raw Materials. – 2013. – Vol. 1. – № 2. – P. 9–14.

14. Influence of heat and freeze shocking on the autolysis and peptidase activities of *Lactobacillus casei* / H. Thiboutot [et al.] // Milchwissenschaft. – 1995. – Vol. 50. – P. 448–452.

15. Нетрусов, А. И. Практикум по микробиологии / А. И. Нетрусов, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук. – М. : Академия, 2005. – 608 с.

УДК 543.94:637.446.2:636.086.5

РАЗРАБОТКА ФЕРМЕНТИРОВАННОГО НАПИТКА ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРОРОЩЕННОЙ ПШЕНИЦЫ

Т. А. Корчубекова, М. Н. Мураталиева
Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова,
г. Бишкек, Киргизская Республика

В Концепции национальной политики в области здорового (функционального) питания населения Кыргызской Республики [1], направленной на создание условий, обеспечивающих удовлетворение потребностей различных групп населения в рациональном, здоровом питании, акцентируются необходимость биотехнологической переработки сельскохозяйственного сырья, глубокой переработки вторичного пищевого сырья, включая получение новых видов пищевых продуктов общего и специального назначения с использованием ферментных препаратов и биологически активных веществ.

Первостепенное значение приобретает проблема создания новых научно обоснованных видов пищевых продуктов функционального назначения, систематический прием которых не только улучшает физиологические процессы в организме, но и его состояние в целом. Во всем мире в последние годы усилился интерес к функциональным продуктам питания, способствующим сохранению здоровья и профилактике заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием. В Европе активно используются биотехнологические подходы к производству безопасных пищевых продуктов, в настоящее время 25 % рациона в Европе и 60 % в США и Японии составляют ферментированные пищевые продукты [2]. В последние годы большое внимание во всем мире уделяется разработке ферментированных напитков из различных субстратов молочного и немолочного происхождения [3, 9]. В процессе сбраживания увеличивается количество молочнокислых бактерий в напитках, происходит обогащение продуктами метаболизма микроорганизмов, в том числе органическими кислотами, незаменимыми аминокислотами, витаминами, повышаются антиоксидантные и функциональные свойства [4, 10].

В настоящее время актуальность приобретает получение продуктов функционального назначения, в том числе и напитков, что предусматривает использование в качестве одного из основных составляющих молочную сыворотку, которая содержит комплекс биологически активных веществ. Высокая биологическая ценность молочной сыворотки определяется содержанием в ней белкового, углеводного и липидного комплексов. Состав молочной сыворотки разнообразен, и к биологически активным веществам вторичного молочного сырья можно отнести минеральные вещества, витамины, органические кислоты, аминокислоты, углеводы, ферменты [5, 8, 10]. Использование вторичного молочного сырья, образующегося в значительных количествах в производстве, позволяет повысить пищевую ценность напитков и снизить их себестоимость [6, 7].

При разработке напитка использовалась творожная молочная сыворотка, которая подвергалась ферментации лактобактериями (лактобациллы и термофильные молочнокислые стрептококки) и дополнительному обогащению пророщенными зернами пшеницы. Следует отметить, что проростки – это натуральный, природный продукт. Все полезные вещества находятся в них в естественных, сбалансированных количествах и сочетаниях, эти вещества встроены в органическую систему живой ткани. Причем установлено, что пророщенное зерно пшеницы, имеющее проросток в 1–2 мм, наиболее ценно по своему аминокислотному, витаминному и минеральному составу. Кроме общего положительного влияния на организм человека, проростки пшеницы и сыворотка имеют в своем составе определенный набор полезных веществ, аминокислот, полисахаридов и микроэлементов, обладают специфическим оздоравливающим действием и рекомендуются людям для профилактики различных заболеваний и поддержания иммунитета.

Разработка рецептуры базировалась на основном требовании к производству функциональных продуктов питания. Функциональные продукты – это особая группа пищевых продуктов, которая должна отвечать определенным требованиям, в частности содержать от 10 до 50 % от суточной нормы потребления физиологически функциональных ингредиентов. Расчеты велись по нутриентному составу пшеницы пророщенной (табл. 1).

Таблица 1 – Оптимизированная рецептура функционального напитка

Наименование компонента	Количество введения компонента на 1 кг готового продукта, г
Творожная сыворотка	722,995
Пшеница пророщенная	227
Сахар	50
Лактобактерии	0,005
Итого:	1000

Пророщенная пшеница высушивалась, подвергалась дроблению. Дробление пророщенной пшеницы является важной технологической операцией, влияющей в дальнейшем на органолептические и физико-химические показатели напитка. В соответствии с рецептурой вносится заданное количество компонентов и хорошо перемешивается. Процесс пастеризации молочной сыворотки и пшеницы обусловлен необходимостью в большинстве случаев подавить развитие нежелательной микрофлоры. После пастеризации напиток остужается до температуры сквашивания, затем вносится заданное количество закваски. Сквашивание происходит при температуре 40–45 °С в течение четырех часов.

В процессе ферментации определяли титруемую и активную кислотность. В готовом напитке определяли массовую долю белка.

Для получения оптимального образца напитка исследован механизм процесса накопления кислоты при ферментации сыворотки лактобактериями в присутствии пророщенных зерен пшеницы в сравнении с контрольным образцом (сыворотка без наполнителя).

Опытный образец сывороточного напитка готовили в соответствии с оптимизированной рецептурой. Подготовленные образцы были разделены на восемь проб и поставлены в термостат при температуре 42 °С. Каждые 30 мин проводилось исследование активной (pH) и титруемой (Ac) кислотности.

Определение титруемой кислотности в динамике ферментации проводили титрованием пробы образца 0,1 Н раствором NaOH. Полученные результаты приведены в рис. 1.

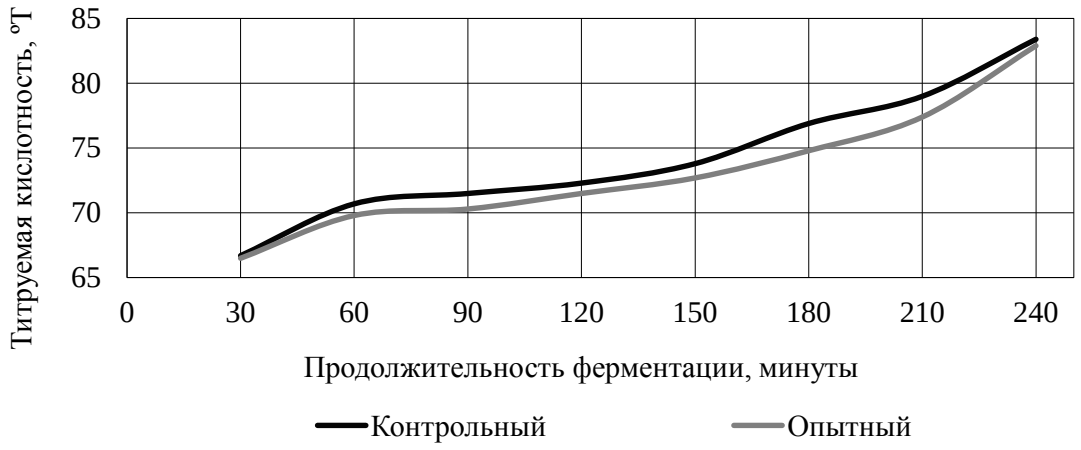


Рисунок 1 – Изменение титруемой кислотности во времени

Анализ процесса ферментации сыворотки показал, что внесение в сыворотку проросших зерен пшеницы мало влияло на процессе сквашивания напитка. Закономерность нарастания кислотности в процессе сквашивания наглядно иллюстрируется двумя показателями: интенсивностью сквашивания и коэффициентом сквашивания.

Интенсивность сквашивания можно представить как снижение величины Ас в единицу времени:

$$I_s = Ac_2 - Ac_1,$$

где I_s – интенсивность сквашивания;

Ac_1 – величина pH в начале часа;

Ac_2 – то же в конце часа.

В связи с этим рассчитаны указанные показатели, результаты представлены на рис. 2.

Рисунок 2 – Абсолютные значения Ас

Коэффициент сквашивания – это интенсивность сквашивания в перерасчете на достигнутое в момент наблюдения повышение Ас-числа. Рассчитывают его по формуле:

$$\delta = \frac{\Delta Ac-число_2}{\Delta Ac-число_1},$$

где Ас-число$_2$ – разность между исходным Ас-числом и Ас-числом, измеренным в конце периода наблюдения;

Ас-число$_1$ – разность между исходным Ас-числом и Ас-числом, измеренным в начале периода наблюдений. Указанные показатели представлены на рис. 3.

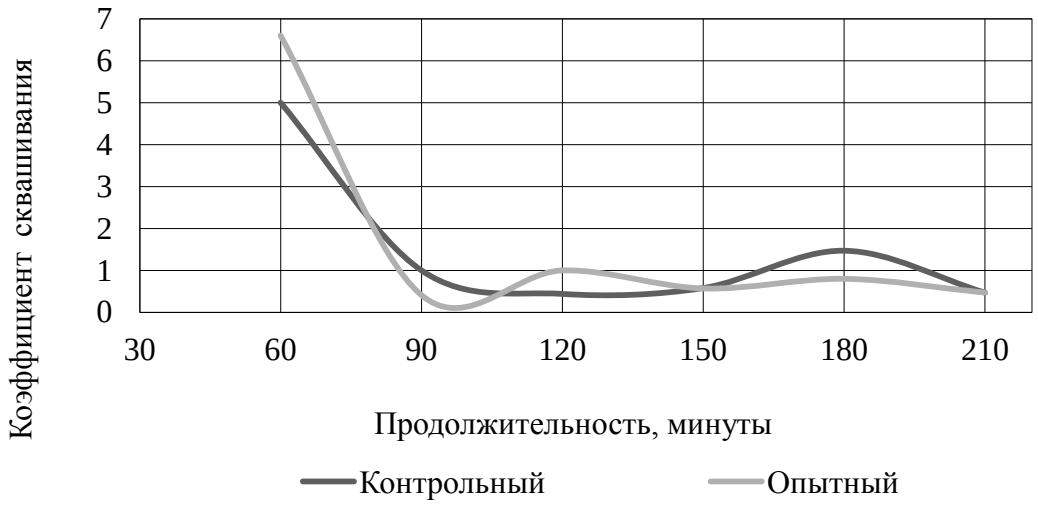


Рисунок 3 – Изменение коэффициента сквашивания во времени

Активная кислотность в динамике брожения была определена с помощью pH-метра SartopiusPT-10. Полученные результаты приведены на рис. 4.

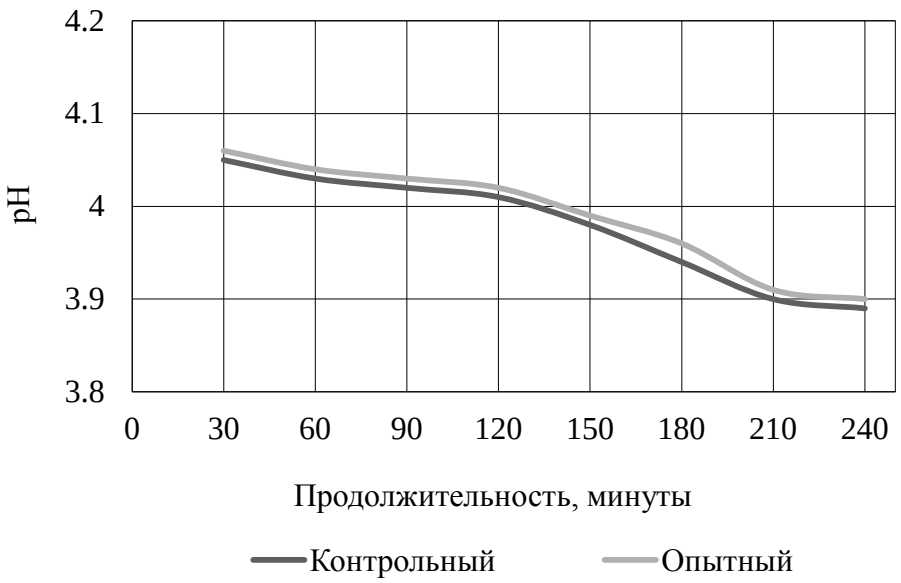


Рисунок 4 – Изменение активной кислотности по времени

Показатель pH имеет большое значение, так как от него зависят стабильность полидисперсной системы молока, условия роста микрофлоры и ее влияние на быстроту образования компонентов, от которых зависят вкус и запах молочных продуктов, термоустойчивость белков молока, активность ферментов. По величине pH оценивается качество молочных продуктов.

Сыворотка обладает буферными свойствами благодаря наличию белков, гидрофосфатов, цитратов и диоксида углерода. Это доказывается тем, что, несмотря на повышение титруемой кислотности, pH сыворотки до определенного предела не изменяется. Под буферной емкостью понимают количество 0,1 н кислоты или щелочи, необходимое для изменения pH среды на 1 ед. При образовании молочной кислоты сдвигается равновесие между отдельными буферными системами и снижается pH. Молочная кислота растворяет также коллоидный фосфат кальция, что приводит к повышению содержания титруемых гидрофосфатов и увеличению действия кальция на результат титрования.

Таблица 2 – Результаты определения общей кислотности напитка на основе сыворотки

Образец	Кислотность сразу после приготовления, °Т	Через 3 дня, °Т	Через 5 суток, °Т
Контрольный	82,3	85,6	97,4
Опытный	80,9	84,5	95,7

Таблица 3 – Органолептические показатели напитка

Органолептические показатели	Опытный образец	Контрольный образец
Внешний вид и консистенция	слоистая жидкость при отстаивании, бело-бежевого цвета	прозрачная зеленовато-желтая жидкость
Цвет	мутно-белая жидкость с бежевыми вкраплениями измельченного зерна	
Вкус и запах	молочно-свежий вкус, отсутствие характерного для сыворотки привкуса, аромат пророщенной пшеницы	кисломолочный вкус и аромат

Анализ вышеприведенных данных свидетельствует о том, что внесение в творожную сыворотку проросших зерен пшеницы незначительно влияет на динамику брожения, однако при этом наблюдается некоторое снижение кислотности на всем протяжении процесса ферментации.

В ходе определения качественных характеристик разработанного напитка установлено, что он соответствует требованиям, предъявляемым к кисломолочным напиткам. Массовая доля белка удовлетворяет суточную потребность в нем на 10 %. Показатели кислотности в течение пяти суток не поднимаются выше нормы. Напиток обладает хорошим освежающим вкусом и направленным профилактически действием.

Список литературы

1. Концепция национальной политики в области здорового (функционального) питания населения Кыргызской Республики.

2. Олмоева, В. Д. Современные направления создания ферментированных продуктов питания / В. Д. Олмоева, Н. И. Хамнаева // Современные направления создания ферментированных продуктов питания. – Улан-Удэ : ВСГУТУ, 2015. – 92 с.

3. Рациональная переработка молочной сыворотки / А. Г Храмцов [и др.] // Молочная промышленность. – 1995. – № 4. – С. 10–12.

4. Донская, Г. А. Молочная сыворотка в функциональных продуктах / Г. А. Донская, Г. В. Фриденберг // Молочная промышленность. – 2013. – № 6. – С. 52–54.

5. Патаркашвили, Т. Г. Функциональные напитки / Т. Г. Патаркашвили, А. А. Варивода // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. – 2015. – Т. 1, № 8. – С. 254–256.

6. Теория и практика безотходной переработки молока в замкнутом технологическом цикле / В. И. Трухачев [и др.]. – Ставрополь : АГРУС, 2012. – 360 с.

7. Напитки функционального назначения с использованием молочной сыворотки / Л. Г. Вист [и др.] // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 14. – С. 952–957.

8. Marsh Fermented beverages with health-promoting potential: Past and future perspectives / J. Alan [et al.] // Trends in Food Science & Technology. – 2014. – Vol. 38, is. 2. – P. 113–124.

9. Dairy and non-dairy probiotic beverages / P. Kandylis [et al.] // Current Opinion in Food Science. – 2016. – Vol. 7. – P. 58–63.

10. Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria / M. Pescuma [et al.] // International Journal of Food Microbiology. – 2010. – Vol. 141, is. 1-2. – P. 73–81.

УДК 637.344:615.322

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИКОРАСТУЩЕГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛАВЛЕНЫХ СЫРОВ

С. М. Лупинская*, Ж. Х. Какимова**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, Республика Казахстан

Одним из инструментов повышения конкурентоспособности пищевых предприятий является увеличение объемов и расширение ассортимента пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами (БАВ). Это связано с популяризацией роли питания в профилактике заболеваний алиментарного характера. Особый интерес как у потребителей, так и у производителей вызывают БАВ растительного происхождения. Присутствуя в составе пищи, они оказывают активное регулирующее влияние на функцию отдельных органов и систем.

В составе растительной клетки присутствуют биологически активные вещества, которые имеют сходное строение с веществами, образующимися в клетках животных и человека. Поэтому они легко усваиваются и легко подвергаются биохимическому разрушению в организме человека. Принято условное деление этих веществ на эндогенные и экзогенные.

Эндогенные биологически активные вещества синтезируются самим организмом из многообразия поступающих с пищей химических соединений и макро- и микронутриентов. В результате обменных процессов образуются вещества, которые оказывают регулирующее действие на функции отдельных органов и систем, например ДНК, РНК, АТФ [1, 2].

К экзогенным биологически активным веществам относятся витамины, микроэлементы, минеральные соли и огромное количество органических биологически активных компонентов живой растительной клетки, например пептиды, олигосахариды, жирные и органические кислоты, алкалоиды, гликозиды, дубильные вещества, флавонолы, смолы, камеди и многие другие [3, 4]. Они поступают в составе продуктов питания. Некоторые витамины и вещества, обладающие гормональной, антибиотической активностью, при качественном питании могут синтезироваться микрофлорой толстого кишечника [5, 6].

Недостаточное поступление в организм человека веществ, которые принято называть незаменимыми факторами питания, приводит к негативным последствиям для здоровья. Растет число инфекционных, аллергических заболеваний, а также алиментарно зависимых заболеваний (сердечно-сосудистых, онкологических, опорно-двигательного аппарата) и т. д. При этом наблюдается снижение эффективности лечебных мероприятий [1, 2].

Росту числа заболеваний способствует ухудшение экологической обстановки, загрязнение атмосферы и продовольственных товаров радиоактивными элементами, тяжелыми металлами и т. д. Неблагоприятная обстановка выявлена во многих регионах России (Челябинская, Кемеровская, Липецкая, Омская области и др.). Имеются статистические данные, что в Республике Казахстан отмечается высокая заболеваемость детей и взрослого населения анемией, желудочно-кишечными, сердечно-сосудистыми и онкологическими болезнями, которые особенно часто проявляются в экологически неблагоприятных регионах, таких как Восточно-Казахстанская область, Кызылординская область и т. д.

В условиях жизни современного человека невозможно обеспечить его организм всеми необходимыми биологически активными компонентами только за счет традиционного питания. Поэтому необходимо создавать продукты обогащенного состава.

Дикорастущие растения прошли многовековые этапы эволюционного развития, вероятно, поэтому они накапливают большое количество БАВ самой различной природы.

Кроме того, дикоросы наиболее безопасны в экологическом отношении, т. к. они произрастают на почвах без химикатов и удобрений.

С древних времен дикорастущие растения употребляются в свежем виде (черемша, щавель, клюква, брусника), а также используются для приготовления различных блюд и чаев (крапива, зверобой, шиповник, малина). При этом в пищу используют все части растения: корни, плоды, семена, цветы, листья.

Направление по использованию местных сырьевых ресурсов становится одним из самых перспективных в концепции развития пищевой промышленности. Особенно оно актуально в условиях замещения импорта дорогостоящих пищевых ингредиентов и обеспечения продовольственной безопасности населения.

Плавленые сыры относятся к полноценным белковым молочным продуктам, их популярность среди потребителей постоянно растет. Это связано с возможностью обогащения их состава пищевыми ингредиентами и получения продуктов с необходимыми свойствами, отвечающими требованиям науки о питании.

При получении плавленых сыров рецептурные компоненты подвергаются плавлению (термомеханической обработке). Это, во-первых, позволяет использовать различные сырьевые ингредиенты, а во-вторых, приводит к получению продукта с высокими микробиологическими показателями и хранимоспособностью.

В этой связи, несомненно, актуальным является направление по использованию дикорастущего сырья в производстве плавленых сыров с целью получения продуктов питания, обогащенных природными биологически активными веществами.

При разработке технологий плавленых сыров с добавками из дикорастущего сырья необходимо учитывать следующие вопросы:

– подготовку и переработку дикорастущего сырья и получения полуфабрикатов с более длительными сроками хранения по сравнению со свежим сырьем;

– изучение состава и свойств отдельных представителей дикорастущего сырья в свежем и переработанном виде;

– целесообразность включения того или иного компонента в состав плавленых сыров.

Высокое содержание влаги в составе дикорастущего сырья приводит к его быстрой порче. Для сохранения исходных свойств сырья используют различные способы переработки: быстрое замораживание, сушку, получение моченых или маринованных продуктов, консервирование с последующей упаковкой в герметичную тару. Известен способ консервирования лесных ягод, включающий их пастеризацию и холодильное хранение в изотонических заливочных сиропах. Способ позволяет эффективно сохранять БАВ дикорастущего плодово-ягодного сырья, он заключается в сочетанном применении нескольких методов консервирования и эффекте их синергизма [7]. При этом способе консервирования отмечается высокая сохранность наиболее лабильных БАВ дикорастущих ягод: антоцианов и витамина С.

Сезонность сбора дикорастущего сырья также диктует необходимость быстрой его переработки и изыскания способов сохранения свойств.

Переработка дикорастущих растений с целью их использования в производстве плавленых сыров в первую очередь связана с необходимостью получения однородной гомогенной структуры, какую имеют плавленые сыры. Одним из возможных способов подготовки дикорастущего сырья является гомогенизация и получение из него гомогенной дисперсной системы (ГДС), в которой частицы сырья после соответствующей обработки имеют однородные мелкие размеры, соизмеримые с частицами молочного продукта. Предпочтительнее использование оборудования, на котором за один цикл сырье измельчается, гомогенизируется и пастеризуется, например универсальный гомогенизирующий модуль (УГМ). На УГМ происходит измельчение составных частей дикорастущего сырья до тонкодисперсного состояния, размеры частиц составляют не более 5 мкм. Это обеспечивает получение однородной консистенции готового плавленого сыра [8].

Для улучшения хранимоспособности полученного полуфабриката необходимо снижение в нем активности воды. Это достигается путем частичного или полного удаления влаги, введения осмофильных компонентов (например, сахара).

Концентрирование под вакуумом (частичное удаление влаги) является одним из щадящих способов консервирования сырья и вполне доступных для предприятий на современном уровне развития производства. Сроки хранения концентратов дикорастущего сырья с содержанием сухих веществ 50–55 % составляют более 6 месяцев.

Как показали исследования, концентрирование под вакуумом (частичное удаление влаги) позволяет повысить содержание биологически активных веществ в несколько раз. Степень концентрирования зависит от используемого растительного сырья и компонента БАВ. Но даже наиболее лабильные вещества (аскорбиновая кислота и биофлавоноиды) содержатся в концентратах растительного сырья в больших количествах. Например, в концентрате шиповника витамина С содержалось 8–9 суточных норм, в концентрате крапивы, щавеля и черемши – от 5 до 6 суточных норм [8].

К перспективным способам концентрирования ГДС следует отнести высушивание методом вакуумного обезвоживания при нагревании инфракрасными лучами (терморадиационный нагрев). В процессе терморадиационного нагрева происходит воздействие инфракрасных лучей на воду и их активное поглощение водой, содержащейся в продукте. При этом ткани высушиваемого продукта не подвергаются воздействию такого нагрева. Поэтому удаление влаги возможно проводить при невысоких температурах, в интервале от 40 до 60 °С, обеспечивая сохранность практически всех витаминов, биологически активных веществ, естественного цвета, вкуса и аромата натурального продукта [9].

Использование шоковой заморозки растительного сырья также можно рассматривать как один из наиболее приемлемых способов сохранения его свойств во время длительного хранения. Исследования, выполненные для плодово-ягодного сырья, произрастающего в горном Дагестане, показали, что примененный технологический прием консервирования – быстрое замораживание (t = −30 °С) плодов (кизил, ежевика, облепиха) и длительное их хранение (t = −18 °С) является эффективным способом, обеспечивающим высокую сохранность в них БАВ. По истечении срока хранения 9 месяцев сохранность лабильных веществ (витаминов С и Р) варьировалась в пределах 56–76 % для аскорбиновой кислоты и 82–93 % для витамина Р [10].

Низкожирные плавленые сыры в своем составе имеют мало пластифицирующих компонентов, одним из которых является жир. Поэтому при их производстве наибольшую сложность представляет получение хорошей консистенции. В то же время включение в состав рецептуры плавленого сыра пектинсодержащего сырья способствует получению пластичной, мягкой и связной консистенции.

В этой связи представляется перспективным использование дикорастущего плодово-ягодного сырья с высоким содержанием пектинов. К такому сырью можно отнести мелкоплодные яблоки, крыжовник, рябину обыкновенную, шиповник и др.

Схема направления переработки дикорастущего сырья в производстве плавленых сыров приведена на рис. 1.

Одним из аспектов использования дикорастущих растений при производстве плавленых сыров является обогащение их белкового состава и получение продукта более высокой биологической ценности.

Известно, что качественный белковый состав плавленых сыров несколько лимитирован по серосодержащим незаменимым аминокислотам метионину и цистеину. Аминокислотные скоры по этим аминокислотам составляют примерно 93 %.Это связано с тем, что в состав рецептуры плавленых сыров классического ассортимента входят преимущественно сычужные сыры, которые содержат исключительно белковые фракции казеинов и не содержат сывороточные белки, которые являются более полноценными.

Вместе с тем дикорастущие растения имеют достаточно разнообразный белковый состав. Как показали исследования, некоторые травянистые дикорастущие растения имеют относительно высокое содержание белка по сравнению с плодовыми и ягодными растениями. Например, крапива, черемша, щавель содержат в среднем белковых веществ от 1,2 до 2,8 %. Их белковый состав сбалансирован по таким незаменимым аминокислотам, как лизин, метионин, цистеин, фенилаланин, триптофан.

Рисунок 1 – Схема направления переработки дикорастущего сырья в производстве плавленых сыров

Представляет интерес подбор дикорастущих растений по белковому составу, который бы дополнял и корректировал белковый состав плавленых сыров. Возможно включение в состав композиции плодового или ягодного компонента для улучшения органолептических показателей готового продукта. Рекомендованы определенные композиции дикорастущего сырья, включение которых в рецептурный состав плавленых сыров позволит улучшить сбалансированность их аминокислотного состава и повысить усвояемость белков молочного сырья, кроме того, обогатить их состав витаминами, минеральными веществами и другими БАВ природного происхождения [11].

Таким образом, использование дикорастущего сырья при производстве плавленых сыров и плавленых сырных продуктов позволит обогатить их состав необходимыми пищевыми веществами и БАВ, дефицит которых зарегистрирован для населения России и Казахстана, сбалансировать белковый состав, значительно расширить ассортимент выпускаемой продукции и повысить конкурентоспособность предприятия.

Список литературы

1. Тутельян, В. А. Биологически активные добавки к пище: современные подходы к обеспечению качества и безопасности / В. А. Тутельян, Б. П. Суханов // Вопросы питания. – 2008. – № 4. – С. 4–15.

2. Pandolf, T. Dietary fiber binding of bile acid through mineral supplementation / T. Pandolf, F. Clydesdale // Journal of Food Science. – 1992. – Vol. 57, №. 5. – P. 1242–1245.

3. Igoe, R. S. Dictionary of food ingredient / R. S. Igoe, Y. H. Hui. – New York : Springer US, 1996. – 201 p.

4. Тутельян, В. А. Биологически активные вещества растительного происхождения. Флавонолы и флавоны: распространенность, пищевые источники, потребление / В. А. Тутельян, Н. В. Лашнева // Вопросы питания. – 2013. – № 1. – С. 4–22.

5. Effect of lactic acid producing bacteria on the human intestinal microflora during ampicillin treatment / F. Black [et al.] // Scandinavian Journal of Infectious Diseases. – 1991. – 23 (2). – P. 247–254.

6. Gurr, M. I. Dairy products in human health and nutrition (Proceedings of 1-st world congress of dairy products in human health and nutrition) / M. I. Gurr, A. A. Balkemf // Rotterdam : Brookfield, 1994. – P. 113–119.

7. Базарнова, Ю. Г. Технологические и биохимические аспекты холодильного консервирования дикорастущих лесных ягод / Ю. Г. Базарнова, И. В. Лысенко // Вестник Новгородского государственного университета. – 2015.– № 86. – С. 23–25.

8. Технологическое проектирование рецептур сыров с зерновым и дикорастущим сырьем Западной Сибири / О. В. Мусина [и др.] // Пищевая промышленность. – 2016. – № 6. – С. 14–18.

9. Буянова, И. В. Технологические основы вакуумного концентрирования молочной сыворотки / И. В. Буянова, М. В. Котлярова // Молочная промышленность. – 2017. – № 7. – С. 27–30.

10. Гусейнова, Б. М. Пищевая ценность дикорастущих плодов из горного Дагестана и ее сохранность после быстрого замораживания и холодового хранения / Б. М. Гусейнова // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 4. – С. 76–81.

11. Лупинская, С. М. Разработка композиции дикорастущего сырья для повышения биологической ценности плавленых сыров / С. М. Лупинская, Л. Н. Кузнецова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 2. – С. 22–26.

УДК 60+637.3:613.21

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ БИОТЕХНОЛОГИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА ДЛЯ ПИТАНИЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ

Е. А. Молибога, Н. Б. Гаврилова
Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, г. Омск, Россия

Здоровье молодёжи является важным фактором, обеспечивающим будущий экономический, социальный и культурный потенциал страны, в России, так же, как и в других странах ближнего и дальнего зарубежья уделяется большое внимание проведению обследования состояния питания студенческой молодёжи.

Учёными и специалистами выявлены такие общие тенденции, как то, что показатели калорийности суточного рациона, количество белков общего и животного происхождения были ниже требуемых норм. Так, дефицит витаминов составил в среднем 53…58 %, причем наиболее выраженным был недостаток витаминов С, А, группы В, который составил 36 %, 40 % и 57…64 % соответственно [1].

Важность молока и молочных продуктов как составной части рациона объясняется тем, что они содержат практически все необходимые для нормальной жизнедеятельности вещества, причем в соотношениях, обеспечивающих хорошее и легкое усвоение.

При проведении корреляционного анализа установлено, что студенты чаще употребляющие молочные продукты имели более высокие показатели умственной работоспособности ($r=0,26$, $p<0,01$), чувствовали себя более здоровыми ($\rho=0,23$, $\pi<0,03$), менее раздражительными ($r=0,25$, $p<0,02$) и имели меньшую частоту плохого настроения ($r=0,30$, $p<0,01$). Полученные нами данные коррелируют с изложенными выше и позволяют заключить, что разработка и производство таких молочных продуктов, как натуральные сыры и плавленые сыры, содержащие функциональные ингредиенты будет способствовать организации рационального питания студенческой молодёжи.

Для формирования в новом продукте – плавленом сыре функциональных свойств, высокой пищевой и биологической ценности основным сырьем является полутвёрдый сыр с пропионовокислыми бактериями. Для исследования процесса ферментации сливок молочных с м.д.ж. 25 %, использовали бактериальный концентрат Бифилакт-АД самостоятельно и комбинацию бактериальных концентратов YC-180 с BB-12, в активированном виде в соответствии с инструкцией по их применению. Бакконцентраты активизировали на стерилизованном обезжиренном молоке: температура активизации культур 39…40 °С, время 13…14 ч. После чего закваску в количестве 5 % вносили в пастеризованные сливки при температуре (85,0±2,0) °С с выдержкой 5 мин и охлажденные до температуры (39,0±1,0) °С. Процесс ферментации изучали в течение 10…11 ч. В течение всего процесса биоферментации контролировались следующие показатели: кислотность – титруемая и активная. Контроль изменения титруемой и активной кислотности проводился с шагом исследования в 1 ч.

Таблица 1 – Динамика процесса биоферментации сливок с м.д.ж. 25 %

Продолжительность процесса биоферментации, ч	Бифилакт-АД (опыт 1)		BB-12 + YC-180 (опыт 2)	
	Кислотность			
	титруемая, °Т	активная, ед. pH	титруемая, °Т	активная, ед. pH
1	16,0	6,09	16,0	6,09
2	23,0	5,41	24,0	5,15
3	32,0	4,90	31,0	4,81
4	40,0	4,75	35,0	4,77
5	50,0	4,38	48,0	4,61
6	60,0	4,33	53,0	4,46

Продолжение таблицы 1

7	61,0	4,26	68,0	4,30
8	62,0	4,24	73,0	4,23
9	65,0	4,20	78,0	4,09
10	69,0	4,10	86,0	4,05
11	74,0	4,05	91,0	4,00

Анализ микробиологических показателей, ферментированных сливок свидетельствует о недостаточной активности жизнеспособных клеток, как молочнокислой микрофлоры, так и бифидобактерий.

С целью повышения вышеозначенного показателя экспериментально подбирали эффективный пребиотик. Известно, что для бифидобактерий с целью повышения их активности в молочной среде используют различные натуральные вещества. В данной экспериментальной работе исследованы натуральные пищевые волокна Fibregam-B. Результат влияния функциональной добавки на активность жизнеспособных клеток представлен на рисунке 2.

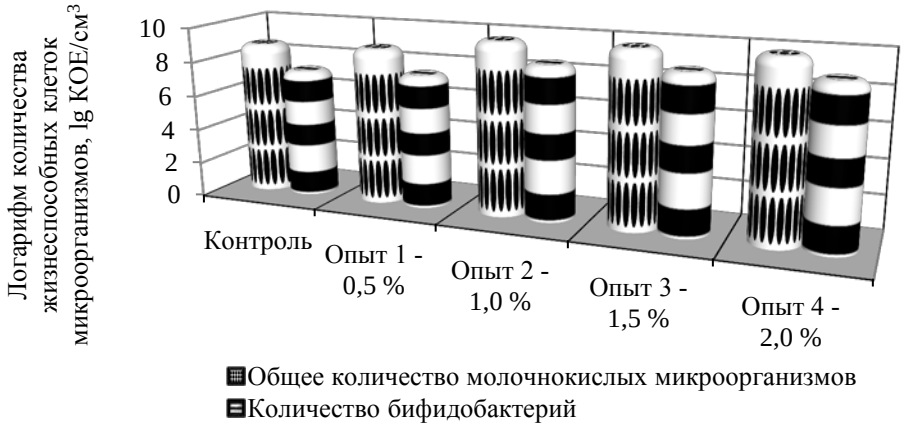


Рисунок 2 – Влияние дозы Fibregam-B на микробиологические показатели ферментированных сливок

Анализ экспериментальных данных, а также экономические показатели нового продукта свидетельствуют о целесообразности использования рациональной дозы пребиотика 1,0 от обьема ферментируемой молочной среды.

Так как, в процессе технологической обработки молочные компоненты подвергаются двукратной тепловой обработке, что вызывает определённое снижение содержания витаминов и для их гарантированного обеспечения в плавленом сыре, выбрана пищевая добавка – витамины фирмы «Хоффманн Ля Рош» рекомендованные для обогащения молочных продуктов.

Кроме определения функциональных ингредиентов проведены исследования по выбору технически необходимых солей-плавителей и так как продукт должен отличатся привлекательными органолептическими показателями подобрать структурообразователь для образования нежной пастообразной консистенции нового продукта.

При разработке технологической блок-схемы продуктов для функционального питания необходимо учитывать не только те параметры обработки, которые обеспечивают безопасность продукта, но и сохранность функциональных свойств таких компонентов, как пробиотики и витамины.

При выборе вида эмульгирующих солей руководствовались прежде всего, такими важными критериями, как минимизация влияния эмульгирующей соли на вкус и запах сырного продукта, то есть сохранение натурального пряного кисломолочного сырного вкуса основного сырья – сычужного сыра с пропионовокислыми бактериями. Учитывали влияние эмульгирующей соли на сдвиг pH сырья, то есть придерживались требования, что значение

показателя pH готового плавленого сырного продукта не должно значительно отличатся от pH основного сырья.

На основании вышеизложенного выбраны для экспериментального исследования эмульгирующие соли Сольва-820 и Сольва-740, которые рекомендованы производителем компанией «БК Джолини» (Германия) и специалистами-технологами «КС Витязь», так как в рекомендации не предусмотрена точная дозировка соли-плавителя, то научный и практический интерес представляет установить для новой поликомпонентной системы, вид и дозу эмульгирующей соли. Проведено три серии экспериментов, в которых варьировали вид и дозу эмульгирующей соли. Опытные продукты оценивались по комплексу химических, микробиологических, реологических показателей. Шаг исследования определен в 0,2 %.

Оценка органолептических показателей опытных продуктов проводилась в соответствии с таблицей бальной оценкой плавленых сыров, в которой максимальная оценка за состояние консистенции 9 баллов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что активная кислотность повышается при использовании всех эмульгирующих солей и их комбинаций по мере увеличения дозы (мас.%) с 0,8 до 1,6. При этом, значение активной кислотности опытных сыров всех трёх серий выработок находятся в средних пределах (от 5,35 до 6,03).

Органолептическая оценка (проводилась на данном этапе группой состоящей из шести экспертов) свидетельствует об устойчивой взаимосвязи вида, дозы эмульгирующей соли и состояния консистенции плавленого сыра. Объективным показателем позволяющим оценить степень влияния вида и дозы эмульгирующей соли на состояние консистенции являются реологические, определяемые в данной работе с помощью прибора «Структуромер», результаты исследования приведены в таблице 2. Условия измерения показателя – предельное напряжение сдвига (ПНС) следующие: насадка – конус с углом 60°, температура продукта (16,0±0,5) °С.

Таблица 2 – Реологические показатели опытных продуктов

Вариант	ПНС, Па	Вариант	ПНС, Па	Вариант	ПНС, Па
Опыт 1	265,0	Опыт 7	270,5	Опыт 13	620,5
Опыт 2	400,0	Опыт 8	450,0	Опыт 14	1005,0
Опыт 3	680,5	Опыт 9	720,0	Опыт 15	1280,0
Опыт 4	780,0	Опыт 10	840,0	Опыт 16	1310,0
Опыт 5	900,0	Опыт 11	1010,0	Опыт 17	1480,0
Опыт 6	1040,0	Опыт 12	1100,0	Опыт 18	1600,0

Экспериментальные данные, приведенные в таблице, свидетельствуют об изменении консистенции плавленого сыра по мере увеличения дозы эмульгирующей соли, от несвязной до мажущейся. Полученные данные свидетельствуют о том, при применении изучаемых солей Сольва в отдельности, пластичной устойчивой структуры можно достичь только при использовании их в максимальном количестве 1,8 % от общей массы компонентов. Тогда как при использовании композиции этих солей достаточно 1,2 %. Параллельно с химическими и реологическими показателями, исследовали микробиологические показатели и активность воды в опытных продуктах, которые позволяют установить степень влияния вида и дозы эмульгирующих солей на функциональные свойства плавленого сыра.

Характеристика плавленого сыра, предназначенного для питания студенческой молодёжи представлена в таблице 3.

Плавленый сыр «Студенческий» отличается высокой биологической ценностью, содержит функциональные ингредиенты, способствующие снижению утомляемости и повышению работоспособности.

Таблица 3 – Характеристика основных показателей плавленого сыра «Студенческий»

Наименование показателя	Характеристика
Массовая доля влаги, %	54,5±0,5
Массовая доля жира, %	24,0±0,5
Массовая доля белка, %	16,5±0,5
Количество витамина А, мкг в 100 г	280,00±20,00
Количество витамина С, мг в 100 г	17,50±0,50
Количество витамина Е, мг в 100 г	5,50±0,05
Количество пробиотической микрофлоры, КОЕ/г не менее: в том числе пропионовокислых бактерий болгарской палочки бифидобактерий	$4,0 \cdot 10^8$ $1,0 \cdot 10^8$ $1,0 \cdot 10^7$ $1,0 \cdot 10^7$
Органолептические показатели	
Консистенция	Пластичная, нежная
Вкус для плавленых сыров с наполнителями	Сырный, пряный, допускается включения и привкус наполнителя

Список литературы

1. Продовольственная независимость России. Том 1 / Под ред. академика РАН А.В. Гордеева. – М.: ООО "Технология ЦД", 2016. – 598 с.

2. Комплексная программа развития биотехнологий в РФ на период до 2020 г. № ВП-П8-2322. (Утверждена Правительством РФ 24.04.2012, № 1853п-П8). – М., 2012. – 120 с.

3. Полянская, И. С. Классификация функциональных пищевых продуктов на молочной основе / И. С. Полянская, В. Ф. Семенихина // Молочная промышленность. – 2017. – № 2. – С. 56–58.

4. Изучение состояния воды в структуре сладких плавленых сыров методами ЯМР-релаксометрии / А. Б. Маремшаов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ (Научный журнал КубГАУ). – 2013. – № 07 (091). – IDA [article ID]: 0911307121. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/121.pdf.

5. Nuclear magnetic resonance study of water mëobility in pasta filata and non-pasta filata mozzarella / M.-I. Kuo [et al.] // J. Dairy Sci. – 2001. – Vol. 84. – P. 1950–1958.

6. Moller, S. M. Water availability in foods elucidated by nuclear magnetic resonance relaxometry / PhD thesis by S. M. Moller // Department of Food Science and Technology. Aarhus University. Denmark. 2011.

7. Nuclear magnetic resonance rapidly testing method on the moisture content of fresh milk / Ying Liu [et al.] // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. – 2014. – 6 (1). – P. 254–258.

8. Пат. 2431409 Российская Федерация, МПК А23С 19/055. Способ производства сырного продукта / Н. Б. Гаврилова, Д. С. Рябкова, Т. В. Рыбченко, Е. А. Молибога; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина. – № 2010105774; заявл. 19.11.03 ; опубл. 20.10.11.

9. Пат. № 2458516 Российская Федерация, МПК А 23С 19/082. Композиция плавленого сырного продукта / О. В. Пасько, Н. Б. Гаврилова, Е. А. Молибога, Р. О. Велев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина. – № 2011101123; заявл. 12.01.11 ; опубл. 20.08.12.

10. Пат. № 2465775 Российская Федерация, МПК А 23С 19/055. Способ получения сырного продукта «Умник» / Н. Б. Гаврилова, Е. В. Сорокина, Е. А. Молибога; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина. – № 2011114310; заявл. 12.04.2011; опубл. 10.11.2012 г.

11. Пат. № 2477611 Российская Федерация, МПК А 23С 19/08. Способ получения домашнего плавленого сливочного сырного продукта / Н. Б. Гаврилова, Н. Г. Казыдуб, Е. А. Молибога, Т. В. Маракаева, Р. О. Велев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина. – № 2011144659; заявл. 03.11.2011; опубл. 20.03.2013 г.

УДК 637.5

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЯСА МАРАЛОВ

О. М. Мышалова
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Увеличение мясных ресурсов с целью удовлетворения растущих потребностей человека животными белками является одной из важнейших задач, поставленной главой государства и правительством РФ возведение в ранг приоритетного национального проекта «Развитие агропромышленного комплекса» в РФ.

Одним из перспективных вариантов развития мясной отрасли может стать производство продуктов из новых видов мясного сырья. К новым видам мясного сырья можно отнести мясо некоторых видов копытных. Рынок мяса диких животных в основном ограничен реализацией через заведения общественного питания, но и его нельзя оставлять без внимания, так как в нём может быть заложен значительный потенциал роста [1]. Стоит отметить богатство огромной территории нашей страны с точки зрения добычи такого экзотического сырья, как мясо диких животных [2].

Мясом диких копытных животных является продукт, полученный из следующих видов животных: дикой козы, кабана, лося, оленя. Основными представителями дикой популяции копытных семейства оленевых являются марал, косуля, лось, пятнистый олень. Их выращивают в мараловодческих хозяйствах и периодически проводят убой. Наибольшее поголовье представлено маралами.

Маралов разводят в питомниках и специализированных хозяйствах далеко от крупных индустриальных районов страны. Известны мараловодческие хозяйства в Западной Сибири, в Республике Алтай, Алтайском крае и юге Красноярского края.

На сегодняшний день в Алтайском крае существует пантовое оленеводство, кроме того, часть животных подлежит выбраковке, от этого количества получают примерно 700 т мяса, которое хотелось бы реализовать для обеспечения населения дополнительным источником белка. Продукт из мяса марала считается эксклюзивным, обладает лечебно-профилактическим действием, из этого сырья вырабатывают белковые добавки для снижения веса, уменьшения аппетита, для повышения устойчивости организма к стрессам, для увеличения выносливости, вещества, которые содержатся в данном сырье, стимулируют иммунную деятельность всего организма в целом. Это сырье является новым и требует проведения дополнительных научных исследований его функционально-технологических свойств с целью промышленного использования мяса.

В случае промышленного применения нового сырья необходимо удостовериться является ли это целесообразным, т.е. необходимо изучить его качественные и технологические характеристики, что является одним из неоспоримых требований для мясоперерабатывающей промышленности.

Мясо маралов, как объект промышленного использования, применяется недавно. Проанализировав литературные данные по вопросу изученности данного мясного сырья, не обнаружено источника, который бы давал необходимую информацию о функционально-технологических свойствах, этого биологически ценного мясного сырья не говоря о проявлении свойств при технологической обработке.

Исследования по изучению свойств мяса маралов ведутся на кафедре «Технология мяса и мясных продуктов» технологического факультета «Кемеровского государственного университета» и представленные в статье результаты это лишь часть в разработке новых технологий колбасных изделий с использованием мяса маралов.

Мясо маралов обладает достаточно высокими пищевыми достоинствами: соотношением полноценных белков к неполноценным, большим содержанием витаминов,

макро- и микро- элементов. Так, по содержанию таких незаменимых аминокислот, как лизин, лейцин, мясо маралов превосходит говядину, свинину и баранину [3,4].

Содержание полноценного белка в мясе маралов на 75,9 %о больше, чем в говядине, на 32,3 % больше, чем в свинине, на 23,4 % больше, чем в баранине [5].

Цвет мяса маралов от малинового до темно-красного и визуально воспринимается как более темный по сравнению с говядиной и кониной. Результаты сравнительного анализа цветовых характеристик мяса марала, говядины и конины, после выявления колориметрическим методом координат цвета на шаровом компараторе цвета КЦ-3 и обработки данных в системе CIE Lab [6] представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительный анализ цветовых характеристик мяса маралов с мясом сельскохозяйственных животных

Показатели	Мясо маралов	Говядина	Конина
L	37,35	41,59	37,59
a	23,95	20,63	24,66
b	13,16	10,15	10,53
S (насыщенность)	27,33	22,99	26,81
H (цветовой тон)	0,62	0,54	0,46
Индекс красноты a/b	1,82	2,03	2,34
ΔE	1,00	6,17	2,74

По результатам исследований мясо всех исследуемых животных можно отнести к темному, так как показатель светлоты меньше 50. Проведенный сравнительный анализ цветовых характеристик свидетельствуют о том, что говядина имеет показатель светлоты ниже по сравнению с мясом маралов и кониной на 5,4 % и 11,7 % соответственно. Показатель степени красноты «а» мяса маралов и конины не имеет существенных отличий, и оказался выше говядины на 16,1 %. Цветовой тон исследуемых видов мяса принадлежит области красных цветов. Следует отметить, что мясо маралов характеризуется более высокими показателями цветового тона (H) и насыщенности (S) относительно цвета мяса говядины и конины. Таким образом, мясо маралов имеет более выраженную темно-красную окраску сравнительно с мясом сельскохозяйственных животных.

В связи с тем, что формирование цвета и его стабильность зависит от содержания пигментов, в мясе маралов и сельскохозяйственных животных количественно определены доля миоглобина и его окисленных форм. В результате экстрагирования пигментов мяса фосфатным буферным раствором с pH 6,8 и последующим измерением оптической плотности отфильтрованного экстракта при длинах волн: 525, 545, 565 и 572 нм и выполненных расчетов [7] получены следующие результаты (таблица 2).

Таблица 2 - Количественное содержание пигментов миоглобина мяса маралов с мясом сельскохозяйственных животных

Образец	Наименование пигмента		
	MetMb, %	DMb, %	OMb, %
Мясо маралов	52,20	7,05	38,01
Говядина	14,62	62,78	22,54
Конина	36,21	44,15	19,64

На основании полученных результатов исследований, представленных в таблице 2, установлено, что для окисленных форм миоглобина – метмиоглобина (MetMb) и оксимиоглобина (OMb) преобладает в мясе маралов и составляет 90,21 % от общего содержания пигментов, что больше чем у говядины и конины на 18,17% и 34,46% соответственно.

Содержание гемовых пигментов определяли расчетным методом, на основании измеренных коэффициентов отражения в водных экстрактах при длине волны 640 нм [7,8]. Результаты исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Количественное содержание гемового пигмента и железа в мясе маралов и сельскохозяйственных животных

Вид мяса	Коэффициент отражения при длине волны, 640 нм	Количество пигмента, мг/кг	Количество гемового Fe, мг/кг	Количество негемового железа, мг/кг
Мясо маралов	0,3000	204,00	17,99	13,31
Говядина	0,2675	181,90	16,05	9,96
Конина	0,2572	174,89	16,23	11,66

В мясе маралов на 20,2 % больше гемовых пигментов, чем в говядине и на 14,2 % чем в конине. По содержанию гемового и негемового железа превышает мясо говядины и конины на 20,3 % и 12,2 % соответственно.

Металлы переходной валентности, к которым относится железо, активируют молекулы кислорода, выступают донорами электрона и активизируют кислород для окисления органических субстратов и в первую очередь фосфолипидов мембран мышечных волокон: сарколеммы, митохондрий и саркоплазматического ретикулума, в структуре которых присутствуют полиненасыщенные жирные кислоты [9].

В настоящее время принято считать, что метмиоглобин обладает «псевдопероксидазной» активностью и является основным катализатором перекисного окисления мясного сырья. Последовательность протекания окислительных реакций в мышцах следующая:

– автоокислительный и окислительный процесс перехода оксимиоглобина в метмиоглобин и перекись водорода;

– активация метмиоглобина перекисью водорода до порфирилкатион-радикала, содержащего четырехвалентное железо [9].

В результате протекания окислительных реакций образуется порфирилкатион-радикал, который является сильным окислителем и тем самым инициирует окисление липидов [10].

Одним из основных факторов, лимитирующим скорость окисления и процесс образования MetMb, является действие антиоксидантной системы (АОС) мясного сырья. В качестве АОС мясного сырья выступают, в том числе такие ферменты, как каталаза и пероксидаза [9,11].

Для сравнения прооксидантной способности мяса маралов с мясом сельскохозяйственных животных определены следующие показатели: ТБЧ, ОВП, активность пероксидазы, активность каталазы (табл. 4).

Таблица 4 – Сравнительная характеристика прооксидантной способности мяса маралов с мясом сельскохозяйственных животных

Вид мяса	ОВП, мВ	ТБЧ, мгМДА/кг	Активность фермента, ед/на г белка за с	
			пероксидаза	каталаза
Мясо маралов	137,5±1,2	0,086±0,011	0,0104	1,01
Говядина	114,5±2,3	0,110±0,008	0,0625	0,4371
Конина	110±1,7	0,125±0,017	0,0750	0,1088

Мясо марала имеет значения ТБЧ в 1,3 -1,4 раза ниже чем говядина и конина. Высокие значения ОВП мяса марала по сравнению с ОВП мяса сельскохозяйственных животных на 17 % больше чем у говядины и на 29 % конины, свидетельствуют о его высокой способности к самоокислению [12]. В тоже время низкие значения пероксидазы и повышенные значения фермента каталазы по сравнению с мясом сельскохозяйственных животных обеспечивают некоторую стабильность мяса марала к окислению.

Таким образом, мясо маралов, характеризующееся пониженным содержанием жира, из-за высокого содержания гемового железа и высокого окислительно-восстановительного потенциала, способно к окислению. В результате протекания окислительных процессов, накапливаются продукты окисления, которые сообщают изделиям из мяса посторонний запах и несвойственный цвет. Высокая реактивность гемовых пигментов обуславливает технологические трудности, они связаны с особенностями цветообразования и обеспечением стабильности цвета готовых продуктов из мяса маралов при хранении.

Список литературы

1. Шорникова, Г. В. Формирование и оценка потребительских свойств мясных рубленых полуфабрикатов из оленины: диссертация ….. кандидата технических наук: 05.18.04/ Шорникова Гелена Викторовна; [Место защиты: Моск. гос. ун-т технологий и упр.]. – Москва, 2009. – 182 с.

2. Цикин, С. С. Исследование функциональных свойств мяса диких животных и разработка режимов заморозки натуральных замороженных полуфабрикатов/ С. С. Цикин, О. А. Шалимова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2012. – № 1. – С. 26–31.

3. Каймбаева, Л. А. Применение биохимических и физических воздействий при посоле мяса маралов / Я. М. Узаков, Л. А. Каймбаева // Мясная индустрия. – 2014. – № 2. – С. 22–23.

4. Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat / E. Okuskhanova [et al.] // Veterinary World. – 2017. – Vol.10. – P. 623–629.

5. Каймбаева, Л. А. Научно-практические аспекты комплексной переработки и оценки качества мяса и продуктов убоя маралов: диссертация ... доктора технических наук : 05.18.04 / Каймбаева Лейла Амангельдиновна; [Место защиты: Вост.-Сиб. гос. ун-т технологий и упр.]. – Улан-Удэ, 2014. – 318 с.

6. Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability / Benjamin W.B. Holman, Yanwei Mao, Cassius E.O. Coombs, Remy J. van de Ven, David L. Hopkins // Meat Science. – 2016. – Vol. 121. – P. 104–106.

7. AMSA Meat Color Measurement. Color Guidelines Handbook: American Meat Science Association. – America, 2012. – 124 p.

8. Heme Iron Content in Lamb Meat Is Differentially Altered upon Boiling, Grilling, or Frying as Assessed by Four Distinct Analytical Methods/ A. Pourkhalili, M. Mirlohi, E. Rahimi// The Scientific World Journal. – 2013. – Vol. 2013 (2013). – Article ID 374030, 5 pages.

9. Шлейкин, А. Г. Влияние аскорбиновой кислоты на пероксидазную активность мышечной ткани./ А. Г. Шлейкин, Я. В. Медведев, И. С. Шаталов // Научный журнал НИУ ИТМО. – 2014. – № 3. – С. 41–46.

10. Медведев, Я. В. Гем-зависимое перекисное окисление в мясе при холодильном хранении./ Я. В. Медведев, А. Г. Шлейкин // Вестник МАХ. – 2013. – № 2. – С. 57–61.

11. Дедерер, И. Оценка немецких мясопродуктов с точки зрения качества и безопасности / И. Дедерер // Все о мясе. – 2010. – № 2. – с. 23-25.

12. Ozer, O. The effects of butylated hydroxyanisole, ascorbic acid, and α-tocopherol on some quality characteristics of mechanically deboned chicken patty during freeze storage / O. Ozer, C. Sariçoban // Czech J. Food Sci. – 2010. – № 28. – С. 150–160.

УДК 664

ОБЗОРНО - АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е. В. Пастушкова, О. В. Чугунова
Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия

В последнее десятилетие возрастает актуальность применения новых технологий обработки пищевых продуктов с использованием высокого давления. В настоящее время возрастает спрос потребителя на продукты, в рецептуре которых находятся натуральные компоненты. Производители же со своей стороны так же стремятся изготавливать безопасную продукцию, не приносящую вред организму человека. Технология обработки пищевых продуктов высоким давлением является решением соответствия современным требованиям к пищевым продуктам.

Изобретение и развитие метода обработки высоким давлением относят к началу XIX века. Изучение воздействия высокого давления на материалы проводились американскими и шведскими учеными, благодаря которым стало известно, что при обработке изопрена возникает реакционная способность полимеризации, позволяющая получить каучуковую массу. В 1914 году проводятся исследования, посвященные поведению биологических сред (микроорганизмов) под воздействием высокого давления. По результатам полученных данных установлено (выявлено), что давление оказывает влияние на жизнедеятельность микроорганизма.

Следующим этапом развития метода явилась обработка семян травянистых растений белого клевера (лат. *Trifolium repens*) и люцерны (лат. *Medicágo*). В процессе данного исследования было обнаружено, что скорость прорастания увеличивается на 90% при обработке давлением 200 МПа, по сравнению с необработанными образцами. Опытным путем была доказана скорость диффузии, происходящая внутри семян, при этом внешняя оболочка не претерпевала изменений [10].

В 30- е годы XIX столетия были проведены опыты промышленной обработки фруктов давлением 400- 800 МПа, свидетельствующие об увеличении сохраняемости продукта при хранении.

В 70-е годы XIX профессором D.C Wilson были представлены доказательства о разработке нового метода консервации при совместном использовании высокого давления и температуры. Таким образом, было установлено, что при различных вариантах параметров температуры и давления возникает синергический эффект.

Сущность метода заключается в нейтрализации вредных микроорганизмов, например, вида *Salmonella*, сохраняя при этом пищевую ценность продукта.

Пищевой продукт подвергают кратковременному воздействию давлению выше атмосферного, то есть от 100 до 1000 МПа.

Обработка продукта осуществляется партиями, путем помещения его в сосуд, при этом давление переносится через окружающую среду, т.е. опосредованно. Давление повышается путем постепенного нагнетания, за счет передачи через насос или поршень.

В процессе обработки происходит гибель вегетативных клеток, что приводит к незначительному изменению органолептических свойств и пищевой ценности продукта.

Метод обработки пищевых продуктов высоким давлением (далее ОППВД) имеет следующие разновидности:

– непрерывный, используемый в большинстве для жидких продуктов растительного происхождения (безалкогольные напитки) непосредственно в упаковке, где оптимальное давление составляет 350-400 МПа.

– полунепрерывный отличается непосредственным сжатием самого продукта при давлении 650МПа, с последующим фасованием в стерильную упаковку.

– пакетный (периодический метод) заключается в обработке продукта высоким давление более 400МПа небольших партий (объем составляет от 0,2 до 15 кг/м^3).

– пульсационный метод обусловлен создания серия кратковременных нагрузочных усилий (давление каждого импульса находится предел от 100 до 1000 МПа, а длительность составляет доли секунд) в рабочей камере.

В зависимости от интенсивности применяемого давления в обработке пищевого продукта и повышения температурного параметра достигается процесс пастеризации и стерилизации. Представленные разновидности метода в зависимости от температуры условно можно подразделить на:

– методы ОППВД с применением высоких температур (средняя температура адиабатического сжатия 50-70 ^{0}С, конечная от 100 до 105 ^{0}С)

– методы ОППВД с применением низких температур (средняя температура адиабатического сжатия 15-20 ^{0}С) [10, 11, 12-14].

На основании изложенного факта применение в молочной и консервной промышленностях позволяет заменить традиционные способы консервирования.

Следующей особенностью метода является подавление патогенных микроорганизмов, бактерий, оказывающих негативное воздействие на продукт, вызывая при этом порчу и гниение. Стоит отметить, что для подавления патогенных микроорганизмов необходимым является повышение температуры обработки. Данный факт обусловлен тем, что большинство вредных (губительных) бактерий относят к факультативным анаэробам. Эффективность метода тепловой обработки под высоким давлением (600-700 МПа) при температуре 75-80 ^{0}С подавляет имеющиеся споры в продукте [12-14].

В условиях развития современной промышленности внедрение метода обработки высоким давлением имеет узкую направленность. В Японии, например, данным методом обрабатывают плодо-овощные безалкогольные напитки (соки) и джемы.

Данная технология нацелена в первую очередь на интенсификацию, повышение экологической эффективности традиционных сельскохозяйственных и пищевых технологий.

Под действием процесса высокого давления, при замораживании и дефростации пищевых продуктов, образующиеся кристаллы имеют небольшие размеры, что приводит сохранению клеточной структуры биомассы.

Представленный материал послужил целью исследования, посвященного влиянию обработки высоким давлением на разработанные композиционные модели смеси растительного сырья для приготовления горячих безалкогольных напитков на основе кипрея узколистного.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования явились композиционные модели смесей растительного сырья для приготовления горячих безалкогольных напитков серии «Кипрей». Разработанные рецептуры имеют социальную адресность. Подбор компонентов основывался на принципах комбинаторики, сочетания органолептических показателей. Таким образом, в рецептуры разработанных смесей растительного сырья для приготовления горячих безалкогольных напитков серии «Кипрей» (далее СРС серии «Кипрей») включались только те растения, полезные свойства и пищевое применение которых доказано, и они рекомендованы к применению в пищевой промышленности. Данные представлены в таблице 1 [1-3].

В работы использовались так же следующие общепринятые и специальные методы исследований:

– антиоксидантную активность определяли с помощью оценки изменения окислительно-восстановительного потенциала до и после введения анализируемого вещества в специальный раствор, содержащий медиаторную пару [5]

– содержание аскорбиновой кислоты определяли в соответствии с ГОСТ 24556-89 с учетом окрашенности экстракта применялись методы титриметрический с потенциометрическим титрованием или фотометрический;

– общее содержание биофлавоноидов определяли в пересчете на рутин, определяли спектрофотометрическим методом на приборе после проведения реакции комплексообразования с хлоридом алюминия при λ=410 нм [1, 3 - 4].

Таблица 1 – Состав смесей растительного сырья для приготовления горячих безалкогольных напитков серии «Кипрей»

Разновидность смеси растительного сырья	Состав
«Модель № 1»	кипрей узколистный, лист черной смородины, крапива двудомная, тысячелистник обыкновенный
«Модель № 2»	кипрей узколистный, крапива двудомная
«Модель № 3»	кипрей узколистный, лист черной смородины, крапива двудомная, тысячелистник обыкновенный, мята перечная
«Модель № 4»	кипрей узколистный, лист черной смородины, крапива двудомная, душица обыкновенная, тысячелистник обыкновенный, мята перечная
«Модель № 5»	кипрей узколистный, лист черной смородины, крапива двудомная
«Модель № 7»	кипрей узколистный, крапива двудомная, душица обыкновенная

Результаты и обсуждение

На начальном этапе было проведено исследование антиоксидантной активности СРС серии «Кипрей» (рис. 1). АОА обуславливается присутствием сложного комплекса БАВ. Наибольшую роль в АОА несут вещества полифенольной природы, витамин С, органические кислоты, дубильные вещества, некоторые аминокислоты. Большое значение имеет также присутствие веществ-синергистов. Вещества-синергисты являются донорами электронов для антиоксидантов, утративших электроны при взаимодействии со свободными радикалами [5-7].

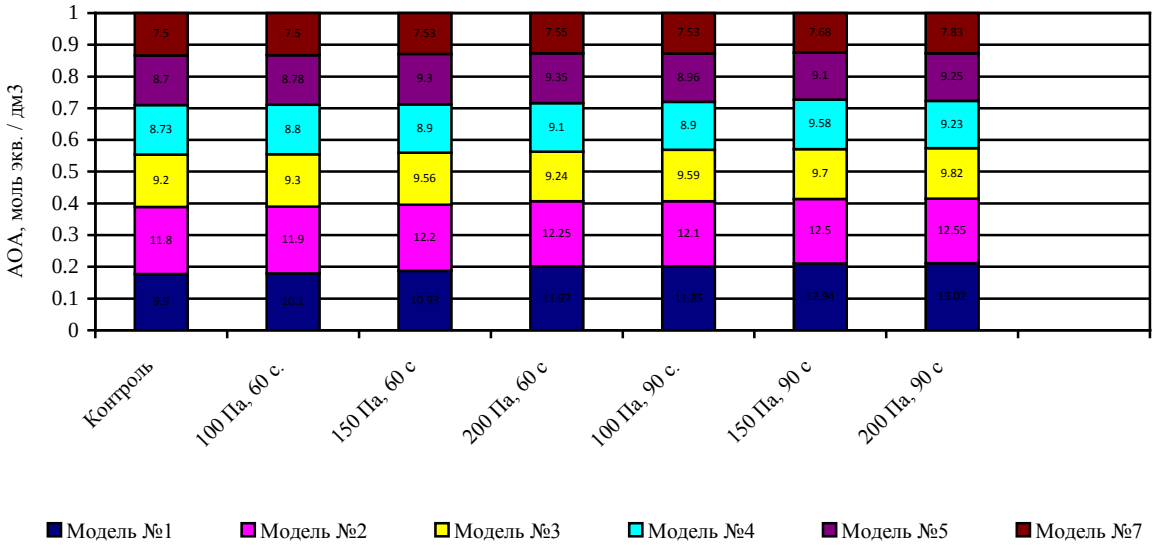


Рисунок 1 – Антиоксидантная активность в СРС серии «Кипрей» обработанного высоким давлением

Определение АОА в СРС серии «Кипрей» обработанного высоким давлением проводилось в водном экстракте (гидромодуль 1:20). Показано, что в зависимости от повышения давления и времени обработки антиоксидантная активность исследуемого СРС серии «Кипрей» после обработки высоким давлением возрастает.

Содержания аскорбиновой кислоты, биофлавоноидов: контрольный образец (без обработки высоким давлением) и образцы СРС серии «Кипрей» с разными технологическими режимами обработки, указанными в таблице 2.

Анализ данных представленных в таблице 2 свидетельствует, что проведение обработки высоким давлением влияет на разрушение межклеточных мембран и, как следствие, оказывает положительное влияние на выход БАВ в экстракт, что приводит к констатации их количественного увеличения в обработанном СРС серии «Кипрей» [8-9].

Таблица 2 – Содержание биологически активных компонентов в СРС серии «Кипрей» обработанного высоким давлением (n=3)

Параметр обработки высоким давлением	Модель№ 1	Модель №2	Модель №3	Модель №4	Модель №5	Модель №7
Аскорбиновая кислота, мг/100г						
Контроль	2,2±0,2	1,3±0,1	1,2±0,1	1,4±0,1	2,4±0,2	2,3±0,2
100 МПа/ 60 с	2,25±0,3	1,35±0,1	1,24±0,1	1,52±0,1	2,5±0,1	2,4±0,3
150 МПа/ 60 с	2,40±0,1	1,57±0,2	1,32±0,2	1,6±0,2	2,57±0,2	2,6±0,2
200 МПа/ 60 с	2,42±0,2	1,59±0,1	1,35±0,2	1,61±0,1	2,6±0,2	2,8±0,1
100 МПа/ 90 с	2,24±0,1	1,3±0,2	1,25±0,1	1,5±0,1	2,56±0,2	2,45±0,3
150 МПа/ 90 с	2,55±0,2	1,63±0,1	1,37±0,2	1,65±0,2	2,74±0,2	2,63±0,2
200 МПа/ 90 с	2,2±0,3	1,65±0,2	1,4±0,3	1,66±0,1	2,75±0,2	2,65±0,2
Общее содержание биофлавоноидов*, мг/100г						
Контроль	182±2,1	181±2,0	192±2,2	162±1,9	159±1,8	112±1,7
100 МПа/ 60 с	195±2,1	191±1,7	196,8±2,4	164,5±1,7	162,9±1,6	115,3±1,7
150 МПа/ 60 с	197±2,1	201±1,9	197,7±1,8	174,2±1,6	165,9±1,8	121,2±1,7
200 МПа/ 60 с	202±2,1	211±2,1	198,2±2,3	182,6±1,9	175,9±1,7	131,9±1,7
100 МПа/ 90 с	184,5±2,1	183,5±2,0	196,9±1,9	165,1±1,9	162,8±1,5	114,9±1,7
150 МПа/ 90 с	185,2±2,1	194,8±1,6	197,9±1,7	175,1±1,9	161,3±1,8	122,8±1,7
200 МПа/ 90 с	192,1±2,1	210,5±2,2	213,2±2,1	182,1±1,9	175,8±1,4	132,4±1,7

* в пересчете на рутин.

Так в обработанных моделях СРС серии «Кипрей» наблюдается рост количества аскорбиновой кислоты и биофлафаноидов по сравнению с контрольным необработанным образцов на 10 %.

Результаты зависимости содержания БАВ и АОА в обработанной СРС серии «Кипрей» методом высокого давления в условиях всестороннего сжатия в течении 60 с и 90 с, позволяют сделать вывод что при обработке давлением 200мПа оптимальным временем выдержки – 60 с., а при 150 мПа- 90с. Следует отметить, что при обработке давлением 100 мПа количественный прирост содержания БАВ в экстракте был не значительным (не более 4-6 %).

Таким образом, по результатам исследований обнаружено, что оптимальными параметрами обработки СРС серии «Кипрей» высоким давлением являются 150 мПа в течение 90 с, при 200 мПа – 60с. Указанные параметры воздействия высоким давлением обуславливают разрушение молекул и межклеточной ткани, что положительно сказывается на извлечении БАВ в экстракте ЛТС.

Таким образом, к основным преимуществам ОППВД можно отнести:

– минимальное время воздействие на продукт;

– возможность применения обработки, как для продуктов растительного происхождения, так и для животного происхождения;

– сохранение органолептических свойств и пищевой ценности продукта;

– возможность полного или частичного исключения консервантов;

– расширение ассортимента пищевых продуктов за счет увеличения сроков хранения (в сравнении с аналогичными продуктами не подвергнутых обработке).

ОППВД является новой технологией обработки пищевых продуктов, направленной на удовлетворение требований потребителей, предпочитающих продукты без консервантов. Метод обработки высоким давлением обладает потенциалом для разработки новых методов консервирования, применяемой в промышленных масштабах, преимущественно для сохранения потребительских свойств и биологически активных веществ.

Список литературы

1. Исследование процесса извлечения БАВ из растительного сырья в условиях ультразвуковой экстракции / Е. В. Аверьянова, В. Н. Хмелев, Senior Member, IEEE, С. Н. Цыганок, В. А. Шакура // 18 Международная конференция - семинар молодых специалистов по микро- и нанотехнологиям и электронным устройствам EDM – Новосибирск, 2017. – С 416.

2. Масс - спектрометрия аралозидов, извлеченных в среде субкритической воды из корня аралии маньчжурской / С. Н. Борисенко [и др.] // Масс - спектрометрия. – 2009. – Т. 6. – № 3. – С. 187–190.

3. Патент № 2235998. Способ определения оксидантной/антиоксидантной активности растворов / Х. З. Брайнина, А. В. Иванова // Патентообладатель (Уральский государственный экономический университет, Общество с ограниченной ответственностью научно- производственное внедренческое предприятие «ИВА», - дата публикации 10.09.2004 г.

4. Кретова, Ю. И. Научное обоснование и практическая реализация использования сверхвысокочастотного и ультразвукового воздействия в обеспечении качества пива / Ю. И. Кретова // Сборник: Современные тенденции развития науки и производства: IV Международная научно-практическая конференция, в 2-х томах. – 2016. – С. 207–209.

5. Толмачев, О. А. Влияние обработки высоким давлением растительного сырья на эктрагирование биологически активных веществ и сохранность экстракта / О. А. Толмачев, С. Л. Тихонов, Н. В. Тихонова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – № 5 (40). – С. 53–57.

6. Тихонов, С. Л. Разработка новой бесконсервантной технологии сохранения пищевой продукции на примере охлаждённого мясного сырья / С. Л. Тихонов, А. В. Смирнова, А. Ю. Волков // Пища. Экология. Качество: сборник трудов XIII международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 307–312.

7. Чугунова О. В. Теоретическое обоснование и практическое использование дескрипторно- профильного метода при разработке продуктов с заданными потребительскими свойствами [Текст] // автореферат / Кемерово. - 2012. С 32.

8. Чугунова, О. В. Практические аспекты использования плодово-ягодного сырья при создании продуктов, способствующих снижению уровня оксидативного стресса / О. В. Чугунова, Е. В. Пастушкова, А. В. Вяткин // Индустрия питания. – 2017. – № 2 (3). – С. 57–63.

9. Фозилова, В. В. Разработка и исследование потребительских свойств чайных напитков на основе кипрея узколистного [Текст] // автореферат / Кемерово. – 2014. – 16 с.

10. Drake, S. L. An overview of Vibrio vulnificus and Vibrio parahaemolyticus / S. L. Drake, A. DePaola, L. Jaykus // Comp. Rev. Food Sci. Saf. – 2007. – Vol. 6. – P. 120–144.

11. Oxidative stability of ultra high temperature milk enriched in conjugated linoleic acid and trans-vaccenic acid / S. I. Martínez-Monteagudo, M. Leal-Dávila, J.M. Curtis, M.D.A. Saldaña // Int. Dairy J. – 2015. – Vol. 43. – P. 70–77.

12. Effect of pressure-assisted thermal sterilization on conjugated linoleic acid (CLA) content in CLA-enriched milk / S. I. Martinez-Monteagudo, M.D.A. Saldaña, J. A. Torres, J. J. Kennelly // Innov. Food Sci. Emerg. Tech. – 2012. – Vol. 16. – P. 291–297.

13. High hydrostatic pressure treatment for the inactivation of Staphylococcus aureus in human blood plasma / N. Rivalain [et al.] // New Biotechnol. – 2012. – Vol. 29. – P. 409–414.

14. High-pressure thermal sterilization: Food safety and food quality of baby food puree / R. Sevenich [et al.] // J. Food Sci. – 2014. – Vol. 79. – P. M230–M237.

УДК 637.5

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МЯСНЫЕ ПРОДУКТЫ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ НАТРИЯ

И. С. Патракова, Е. Н. Зубарева
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Развитие общества диктует потребность в современном подходе к технологии производства продуктов питания. Забота о собственном здоровье стимулирует спрос на продукты, позволяющие поддерживать хорошее самочувствие и форму, уменьшающие риск заболеваний. Вопросы создания новых продуктов питания с направленным изменением химического состава, соответствующим потребностям организма человека, в том числе продуктов массового потребления для различных возрастных групп населения, соответствуют «Доктрине продовольственной безопасности РФ» и основным положениям концепции «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года».

Одним из этапов реализации политики государства в области здорового питания является развитие отечественного производства функциональных пищевых продуктов для детей и взрослых [1]. Сегмент функциональных мясных и колбасных изделий считается недостаточно развитым как в Европе, так и в России. Его рыночный потенциал предприятиям мясной промышленности еще предстоит осваивать. Но уже сегодня появляется все больше мясных изделий, соответствующих требованиям здорового питания, продукты становятся узкоспециализированными. Ассортимент функциональных мясных продуктов на российском рынке представлен преимущественно продуктами низкой калорийности (с пониженным содержанием животных жиров и повышенным пищевых волокон), продуктами для лечебно-профилактического питания больных анемией (источники железосодержащих компонентов – свиная печень и пищевая кровь) и продуктами для детей с β-каротином, витаминами С, В, B_2, А, Е, РР, кальцием и комплексом минеральных веществ (обогащение экструзионными крупами). Функциональные мясные продукты могут быть получены путем обогащения традиционных продуктов функциональными пищевыми ингредиентами или в результате уменьшения количества вредного для здоровья компонента, в том числе натрия [2].

Производство продуктов с пониженным содержанием натрия является одним из актуальных направлений, и объясняется это в первую очередь тем, что фактическое потребление натрия современным среднестатистическим человеком существенно превышает рекомендуемую норму. Так, по отдельным странам и регионам мира суточное потребление натрия характеризуется следующими данными: в США – 8,2–9,4 г NaCl/день, в Великобритании – 9,4 г NaCl/день, в азиатских странах уровень потребления натрия выше и составляет более чем 206 ммоль Na/день [3]. Фактическое потребление поваренной соли россиянами составляет в среднем 12–15 г в сутки [5]. Эти данные позволили расценивать высокий уровень потребления натрия в рационе питания современного человека как проблему мирового уровня. Мировая ассоциация WASH (World Action on Salt and Health, 2005 г.) своей основной миссией рассматривает улучшение здоровья населения мира за счет постепенного сокращения потребления поваренной соли, которая является основным источником натрия [4].

В соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) уровень потребления натрия должен быть снижен до 87 ммоль, или 2300 мг натрия, в день, что соответствует суточному потреблению 5 г поваренной соли (NaCl) [6].

Промышленное производство продуктов питания, том числе мясных, предполагает использование натрия в различных формах. Так, нитрит натрия используется в качестве стабилизатора окраски, глютамат натрия – в качестве усилителя вкуса, фосфат и цитрат

натрия – в качестве регулятора кислотности сырья, натриевые соли бензойной и сорбиновой кислоты традиционно используются в качестве консервантов и т. д.

Обеспокоенность снижением натрия в продуктах питания имеет важное значение для мясной промышленности, поскольку хлорид натрия является основным ингредиентом в производстве мясных продуктов благодаря тому, что участвует в формировании вкуса солености, участвует в формировании функциональных свойств мяса в целом и белков в частности, а также обладает консервирующим действием.

Само по себе мясо характеризуется достаточно низким содержанием натрия, однако технологическая обработка, а именно посол, способствует существенному увеличению количества натрия в сырье. Содержание поваренной соли в мясных продуктах зависит, в первую очередь, от технологии их изготовления. Самая низкая концентрация соли – от 1,28 до 2,03 г / 100 г – характерна для вареных колбас и консервов, в копченых мясных продуктах содержание соли составляет от 1,66 до 3,11 г / 100 г. Высокое содержание хлорида натрия – до 4 г / 100 г – характерно для изделий с длительным сроком годности, в технологии которых не применяются высокие температуры, например сыровяленые и сырокопченые. Максимальное количество соли – 5–10 г / 100 г – содержится в сухих мясопродуктах, что способствует формированию характерной твердой консистенции и предотвращает рост и развитие нежелательной микрофлоры. Достаточно высокое содержание соли в мясных продуктах объясняется теми функциями, которые она выполняет в процессе производства и хранения изделий.

Функциональность соли в пищевых продуктах разнообразна, но независимо от технологии изготовления мясных продуктов она участвует в формировании вкусовых характеристик, в обеспечении микробиологической стабильности мясных продуктов. В технологическом диапазоне концентраций, составляющем от 1,5 до 4,5 %, поваренная соль не проявляет свойства антисептика, но в совокупности с низкими (условия посола, созревания, выдержки, осадки) или с высокими (пастеризация, стерилизация) температурами подавляет развитие гнилостных микроорганизмов. Важной технологической составляющей процесса посола является формирование функционально-технологических свойств мясного сырья. Поваренная соль способствует повышению pH сырья, активизирует белки мышечной ткани, благодаря чему повышается их степень гидратации, водосвязывающая способность мясного сырья. В присутствии поваренной соли увеличивается растворимость белков, в результате чего повышается гелеобразующая и эмульгирующая способность фаршевых систем.

Значение поваренной соли в технологии мясных продуктов неоспоримо, но наряду с этим соль является добавкой, способствующей существенному повышению содержания натрия. Принимая во внимание негативное влияние избыточного потребления натрия на здоровье человека, необходимо предпринимать мероприятия по снижению его содержания в мясных продуктах. Следует отметить, что контроль за количеством натрия в мясопродуктах затрудняется в силу того, что в продукции одного вида различных производителей содержание натрия может существенно варьироваться. Учитывая этот факт, снижать количество натрия необходимо в продуктах со средним (140–400 мг) и высоким содержанием (свыше 400 мг) натрия.

Возможность снижения уровня использования поваренной соли зависит от аспектов, связанных с видом продукта, его составом, типом тепловой обработки и условиями приготовления. Кроме того, хлорид натрия наряду со вкусом солености придает мясным продуктам характерный мясной вкус, интенсивность которого в результате уменьшения дозы поваренной соли будет снижаться, что может быть расценено потребителем как дефект.

Современные тенденции в области питания по снижению содержания натрия в мясных продуктах могут быть реализованы за счет уменьшения технологической концентрации хлорида натрия при производстве того или иного продукта, частичной замены хлорида натрия на другие соли, добавок, усиливающих вкус и аромат, добавления специй,

трав и экстрактов специй в мясные продукты, оптимизации структуры поваренной соли либо комбинации всех вышеперечисленных способов [7, 8, 9].

Снижение технологической концентрации поваренной соли необходимо осуществлять постепенно в течение достаточно длительного времени для того, чтобы потребители не ощущали резкого уменьшения вкуса солености. Установлено, что при употреблении в течение трех месяцев продукта с пониженным содержанием соли, продукты со средним содержанием соли расцениваются потребителями как очень соленые [10]. Постепенное уменьшение количества поваренной соли возможно только в том случае, если это позволяют технологические и микробиологические аспекты.

Другой способ уменьшения натрия в продуктах питания, в том числе мясных, заключается в использовании солезаменителей в составе посолочных смесей. При выборе солезаменителей необходимо отдавать предпочтение компонентам, которые оказывают минимальное влияние на традиционные вкусовые характеристики мясных продуктов. Для регулирования вкуса в комплексе со смесями с пониженным содержанием натрия необходимо использовать следующие ингредиенты: дрожжевые экстракты, автолизаты сухих дрожжей, глутамат натрия, гуанилат или инозинат, специи и т. д.

Наиболее часто в качестве солезаменителя выступает хлорид калия, который имеет соленый вкус, интенсивность которого составляет 30 % от уровня солености хлорида натрия. Однако полное замещение соли невозможно, так как уже в случае замены 50 % поваренной соли в составе послочной смеси усиливается горький вкус и уменьшается соленость. Кроме этого, его использование может вызвать казать негативное влияние на здоровье людей, страдающих сахарным диабетом I типа, хронической почечной недостаточностью, сердечной недостаточностью и низкой активностью надпочечников. В то же время людям, больным гипертонией, наоборот, показана богатая калием диета, который способствует снижению кровяного давления. Рекомендуемое потребление составляет 4,7 г [11].

Кроме хлорида калия в качестве солезаменителя могут быть использованы другие хлориды, в частности хлорид кальция и магния. Следует отметить, что для хлорида кальция характерно наличие горького, кислого и сладкого оттенка во вкусовом профиле, при этом хлористый натрий способен усиливать его соленый вкус. В определенных концентрациях хлорид кальция может оставить металлический, вяжущий вкус. Аналогичное отрицательное действие на вкусовые характеристики продукта оказывает сульфат магния.

В связи с этим представляет интерес изучение возможности комбинации в составе посолочных смесей поваренной соли с хлоридами калия, кальция, магния и другими солями с целью уменьшения негативного влияния этих заменителей на органолептические показатели продукта. Исследования, проводимые на кафедре «Технология мяса и мясных продуктов» ФГБОУ ВО КемГУ, направлены на изучение влияния посолочных смесей с пониженным содержанием поваренной соли на формирование функционально-технологических свойств мясного сырья, органолептических характеристик готовых мясных продуктов, в частности цвета, вкуса и консистенции. Важным технологическим аспектом является изучение влияния исследуемых посолочных смесей на антиоксидантную систему мяса.

На основании проведенных исследований установлено, что использование посолочной смеси, состоящей из 70 % поваренной соли и 30 % композиции хлорида калия и хлорида кальция в соотношении 1:1, в технологии полукопченых колбас является целесообразным. Поскольку такая комбинация посолочных компонентов оказывает стабилизирующее действие на гидрофильные свойства мясного сырья, способствует повышению его антиоксидантного потенциала на стадии посола и, как следствие, ингибированию процессов окисления липидов и пигментов в полукопченых колбасах в процессе хранения, улучшению их цветовых характеристик [12–15].

Представляет интерес оптимизация состава посолочной смеси с пониженным содержанием натрия для ферментированных мясных продуктов, в том числе сырокопченых колбас и продуктов из мяса. Однако следует понимать, что хлорид натрия не может быть

полностью исключен их технологии мясных продуктов, и любое изменение в содержании соли требует детального изучения о влиянии на функционально-технологические свойства мясного сырья, потребительские характеристики готовых продуктов и микробиологическую безопасность.

Анализ доступных литературных данных позволяет говорить о том, что производство продуктов питания, в том числе и мясных, с пониженным содержанием натрия является актуальным и своевременным направлением, отвечающим требованиям государственной политики РФ в области здорового питания.

Список литературы

1. Об основах государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс] : распоряжение Правительства РФ от 25 октября 2010 года N 1873-р [Об основах государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2020 года]. – Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/902242308.

2. Загоровская В. Производство функциональных мясных продуктов [Электронный ресурс] / В. Загоровская // Мясная Сфера. – 2013. – № 1. – Режим доступа: http://sfera.fm/articles/proizvodstvo-funktsionalnykh-myasnykh-produktov.

3. Salt intakes around the world: implications for public health / I. J. Brown [et al.] // International Journal of Epidemiology. – 2009. – № 38. – P. 791–813.

4. IFIC Review: Sodium in Food and Health April 20, 2010 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.foodinsight.org/IFIC_Review_Sodium_in_Food_and_Health.

5. Покровский, В. И. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В. И. Покровский, В. М. Позняковский. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2002. – 344 с.

6. ВОЗ. Руководство о потреблении натрия для взрослых и детей [Электронный ресурс]. – Женева, Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ), 2013. – Режим доступа: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/77985/9/WHO_NMH_NHD_13.2_rus.pdf.

7. Consumer attitude towards sodium reduction in meat products and acceptability of fermented sausages with reduced sodium content / M. D. Guàrdia [et al.] // Meat Science. – 2006. – Vol. 73. – P. 484–490.

8. Lilic, S. Possibility of replacement of sodium chloride by potassium chloride in cooked sausages – sensory characteristics and health aspects. / S. Lilic, V. Matekalo-Sverak, B. Borovic // Biotechnology in Animal Husbandry. – 2008. – Vol. 24 (1–2). – P. 133–138.

9. Salt in processed foods: Collaborative Research Project / F. Angus [et al.]. – Leatherhead Food International, 2005.

10. Salt Reduction guide for the Food Industry Production: Édikom. – 2009. – 77 p.

11. Brandsma, I. Reducing sodium: a European perspective / I. Brandsma // Food Technology. – 2006. – Vol. 60, № 3. – P. 25–29.

12. Patrakova, I. S. The study of factors affecting the activity of meat antioxidant system / I. S. Patrakova, G. V. Gurinovich // Foods and Raw Materials. – Vol. 3, № 1. – 2015. – P. 33–40.

13. Patrakova, I. S Study of processes of oxidation of lipids and proteins of half-smoked sausages at the stages of technological processing depending on the composition of cures / I. S. Patrakova, G. V. Gurinovich // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 75–84.

14. Влияние посолочной смеси на качество полукопченых колбас / О. Я. Алексеевнина [и др.] // Мясная индустрия. – № 3. – 2016. – С. 12–14.

15. Патракова, И. С. Изучение функциональных свойств мяса в зависимости от состава посолочной смеси / И. С. Патракова, Г. В. Гуринович, О. Я. Алексеевнина // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 1. – С. 68–72.

УДК 613.2

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

Н. А. Плешкова*, А. Н. Австриевских**, В. М. Позняковский***
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**НПО «АртЛайф», г. Томск, Россия
***Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, г. Кемерово, Россия

Обогащение продуктов незаменимыми микронутриентами является одним из приоритетных направлений в коррекции питания и здоровья населения Российской Федерации. Об этом свидетельствует накопленный к настоящему времени отечественный и зарубежный опыт в области исследования пищевого статуса различных презентативных групп населения [1, 2].

В рассматриваемую группу пищевой продукции входят биологически активные добавки к пище, широко распространенные на современном рынке продуктов здорового питания, поскольку они позиционируются в качестве наиболее эффективного и целесообразного способа диетотерапии при различных алиментарных заболеваниях человека.

Принципами создания рассматриваемых продуктов являются:

– разработка и выпуск продуктов здорового питания, опираясь на научную основу, в рамках использования основополагающих законов рационального питания;

– изучение и применение опыта народной и традиционной медицины в разрезе современных научных подходов и данных;

– разработка и создание продукции, предназначенной для коррекции нарушений в питании, основываясь на данных анализа исследований, проведенных Министерством здравоохранения РФ и ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»;

– применение современных достижений науки в области здорового питания.

Принципы организации производства:

– подготовка и привлечение к производственной деятельности высококвалифицированного персонала;

– применение современных технологий, позволяющих выпускать продукцию с высокой биологической ценностью;

– внедрение современных систем контроля обеспечения качества, а также условий производства, соответствующих международным стандартам серии ISO 9001, 22000 и правилам GMP.

Растительные экстракты. Разработаны технологии экстрагирования из лекарственных растений, которые позволяют целенаправленно выделить биологически активные вещества в максимальном количестве, сохраняя при этом их высокую природную активность.

Факторами экстракции являются:

– выбор растворителя-экстрагента;

– соотношение между количеством сырья и экстрагентом;

– температура и время экстракции;

– степень измельчения сырья [3, 4].

Наряду с другими методами экстракции используется метод дробной мацерации с принудительной циркуляцией экстрагента. При производстве высококачественных растительных экстрактов используется экстрагент – деминерализованная вода с высокой

степенью очистки, показатель электропроводности которой не превышает двух микросименсов.

Концентрирование экстрактов осуществляется в многоступенчатых вакуумных выпарных аппаратах, где данный процесс проводится под глубоким вакуумом при температуре 30–55 °С.

Сушка концентрированных экстрактов проводится в распылительных сушилках, спроектированных и изготовленных с учетом особенностей перерабатываемого сырья (растительных экстрактов), благодаря чему гарантируется высокое качество получаемого продукта.

Гранулирование. Используются следующие способы:

– гранулирование порошкообразных материалов;
– гранулирование из растворов и суспензий.

В первом случае применяются методы гранулирования экструзией или прессованием, а при использовании второго способа – распылительная сушка или гранулирование во взвешенном слое [5].

Использование того или иного способа гранулирования обусловливается, прежде всего, целями и задачами конкретного производства. Так, например, процессы гранулирования экструзией или прессованием широко используются при подготовке порошкообразных материалов к таблетированию, а распылительная сушка и гранулирование во взвешенном слое используются как самостоятельные процессы с целью получения готового продукта: сухих растительных экстрактов, гранулированных материалов в оболочке и т. д.

Разработанные технологии позволяют получить различные формы гранулированной продукции, обеспечивая высокую степень биодоступности активных компонентов и их эффективность.

Капсулирование. Препараты, заключенные в оболочку из желатиновой капсулы, обладают рядом преимуществ по сравнению с препаратами, произведенными в классической форме – таблетке:

– капсульная оболочка может быть многоцветной;
– возможность нанесения на капсулу цветного логотипа производителя;
– возможность помещения в капсулу препарата в любой форме: порошок, пеллеты (сферические гранулы), микрокапсулы, гели, жидкости, пасты и др.

Важное преимущество твердых желатиновых капсул заключается в возможности комбинировать несколько несовместимых веществ в одной капсуле [6]. Кроме того, применение твердой желатиновой капсульной оболочки позволяет производителю защищать препараты от различных неблагоприятных факторов воздействия, а также дает возможность контролировать высвобождение их активных веществ и по локализации действия, и по скорости.

Таблетки имеют ряд преимуществ:

– малый объем,
– точное дозирование активных компонентов,
– удобство применения, транспортировки и хранения,
– возможность выпуска в разнообразной форме [7].

Таблетирование делится на два вида:

– таблетирование прямым прессованием;
– таблетирование гранулированного материала.

Цикл процесса таблетирования складывается из ряда последовательных операций:

– объемное дозирование прессуемого материала в матрицу таблетпресса;
– непосредственно прессование (формирование таблетки);
– выталкивание таблетки из матрицы;
– сбрасывание и обеспыливание.

Пленочные покрытия. Нанесение на таблетки пленочного покрытия имеет многоцелевое назначение и направлено на решение следующих задач:

– повышение прочности таблеток;
– защита таблеток от механического воздействия (соударения, истирания и др.);
– защита от воздействия факторов окружающей среды (свет, влага, кислород и углекислота воздуха);
– маскировка неприятного вкуса и запаха;
– защита от окрашивающей способности лекарственных веществ, содержащихся в таблетке;
– устранение эффекта мраморности;
– улучшение товарного вида [8].

Витаминно-минеральные премиксы. При разработке рецептуры и технологии производства премиксов используются субстанции и носители в соответствии со специфическими потребностями заказчика.

Использование в премиксах микрокапсулированных витаминов и минералов позволяет придавать им высокую стабильность при последующих техногенных воздействиях, необходимую химическую совместимость и силу биологического взаимодействия [9].

Использование премиксов дает следующие неоспоримые преимущества:

– возможность предоставления рынку разнообразных высококачественных обогащенных продуктов питания и биологически активных добавок к пище (БАД);
– невысокая себестоимость производства обогащаемых продуктов;
– использование существующих технологий;
– использование существующего оборудования;
– снижение риска ошибок при дозировании;
– упрощение проведения контроля качества;
– оптимизация логистических затрат, осуществляемая за счет упрощения транспортировки, снижения трудозатрат и сокращения площади складов для хранения витаминов;
– в конечном продукте достигается более точная дозировка;
– более равномерное распределение всех витаминов в конечном продукте;
– стабильная гарантия качества продукции.

Микрокапсулированные продукты. Физико-химический метод получения микрокапсул позволяет заключить в оболочку вещество в любом агрегатном состоянии и получить микрокапсулы, разные по размеру и свойству пленки. Свойства пленки, которые могут варьироваться:

– толщина;
– пористость;
– эластичность [10, 11].

Разработаны рецептуры, принципы и технология получения сухой культуры бифидо- и лактобактерий, обогащенной необходимыми факторами роста микроорганизмов (олигосахариды, натуральные волокна смолы акации).

Получена новая оригинальная форма бифидо-, ацидо-, лактобактерий – микрокапсула, обеспечивающая высокую стабильность эубиотиков при хранении и в процессе их биологического действия.

Сущность предложенного способа заключается в микрокапсулировании микроорганизмов-эубиотиков. Сушка ведется не лиофильно, из замороженного состояния в вакууме, как это делается при стандартном производстве сухих микробных масс, а на специально спроектированной и изготовленной распылительной сушилке с предварительно осушенным воздухом с температурой 68–75 °С. Установлены

оптимальные режимы сушки с температурой воздуха на выходе в рабочую камеру 68–72 °С, субстрата перед сушкой – 16–20 °С.

Основные преимущества рассмотренных выше инновационных технологий производства продуктов здорового питания, позволяющих выпускать современную продукцию с высокой биологической ценностью, показаны на рис. 1.

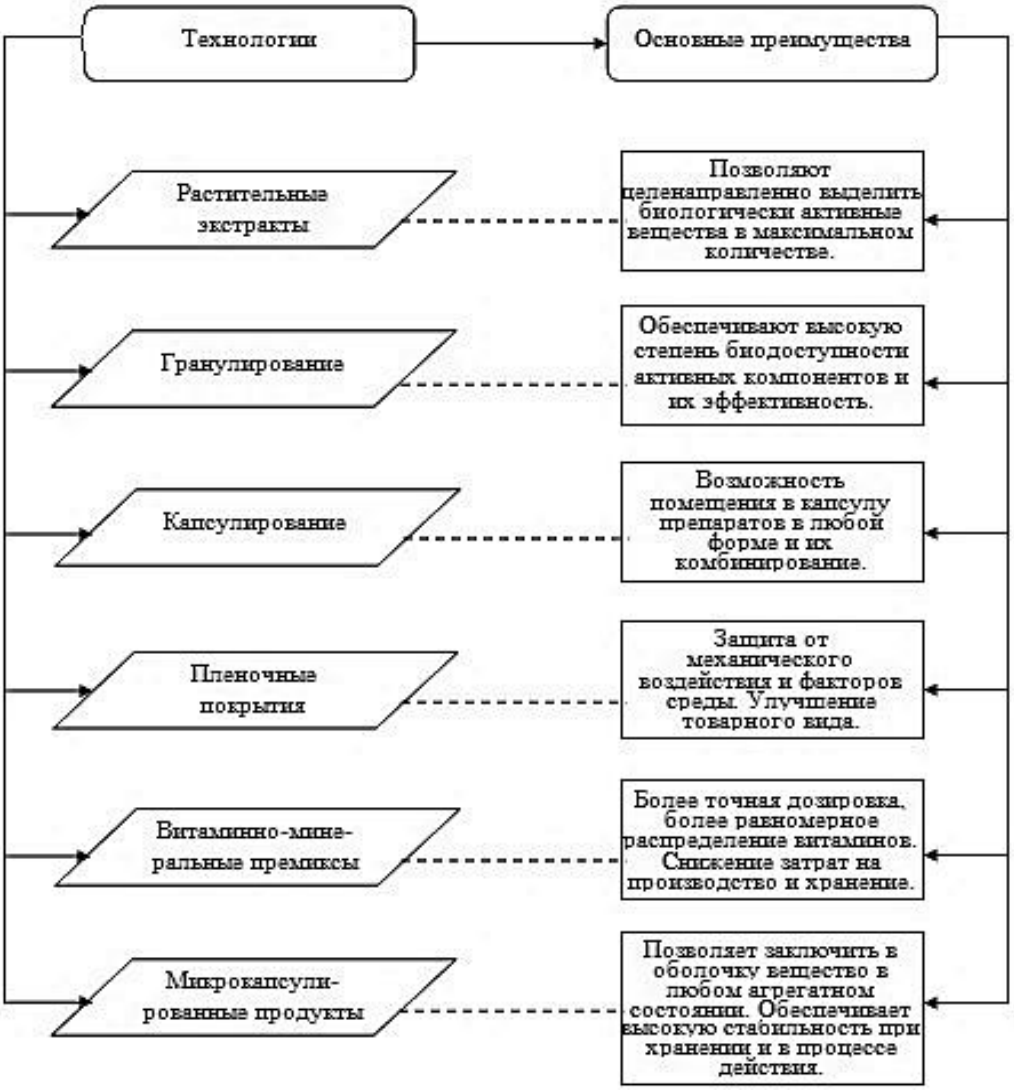


Рисунок 1 – Основные преимущества инновационных технологий производства продуктов здорового питания

Теоретические аспекты в области разработки рассмотренных технологий нашли практическую реализацию на предприятиях НПО «АртЛайф», г. Томск. Стабильность качества выпускаемой продукции обеспечивается внедрением современных систем контроля обеспечения качества, соответствующих международным стандартам ISO 9001, 22000 и правилам GMP.

Список литературы

1. Вековцев, А. А. Инновационная технология БАД: характеристика потребительских свойств / А. А. Вековцев, Е. О. Ермолаева, Г. А. Подзорова // Пищевая промышленность. –2010. – № 4. – С. 52–53.

2. Натурные исследования эффективности биологически активной добавки с направленными функциональными свойствами / А. А. Вековцев [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 2 (37). – С. 67–74.

3. Guiné, R. P. F. Some developments regarding functional food products (functional foods) / R. P. F. Guiné, M. J. R. Lima // Current Nutrition and Food Science. – 2012. – Vol. 8, № 2. – P. 102–111.

4. Reshetnik, E. I. Healthy food products with probiotic and prebiotic properties / E. I. Reshetnik, E. A. Utochkina // Foods and Raw Materials. – 2013. – № 1. – P. 88–94.

5. Товароведная характеристика и функциональная направленность нового специализированного продукта / Е. Ю. Лобач [и др.] // Товаровед продовольственных товаров. – 2015. – № 1. – С. 71.

6. Raikos, V. Health-promoting properties of bioactive peptides derived from milk proteins in infant food: a review / V. Raikos, T. Dassios // Dairy Science & Technology. – 2014. – № 94. – P. 91–101.

7. Sandal, M. Food for thought: the present and future of dietary supplements in the treatment of cognitive decline / M. Sandal // Agro Food Industry Hi-Tech. – 2016. – Vol. 27, № 4. – P. 6–9.

8. Wu, L. The safety assessment of pythium irregulare as a producer of biomass and eicosapentaenoic acid for use in dietary supplements and food ingredients / L. Wu, Z. Wen, C. L. Roe // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2013. – Vol. 97, № 17. – P. 7579–7585.

9. Chrysant, S. G. The clinical significance and costs of herbs and food supplements used by complementary and alternative medicine for the treatment of cardiovascular diseases and hypertension / S. G. Chrysant // Journal of Human Hypertension. – 2016. – Vol. 30, № 1. – P. 1–6.

10. Shamtsyan, M. Potential to develop functional food products from mushroom bioactive compounds / M. Shamtsyan // Journal of Hygienic Engineering and Design. – 2016. – Vol. 15. – P. 51–59.

11. Kenijz, N. V. Pectic substances and their functional role in bread-making from frozen semi-finished products / N. V. Kenijz, N. V. Sokol // European Online Journal of Natural and Social Sciences. – 2013. – Vol. 2, № 2. – С. 253–261.

УДК 664.858

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФРУКТОВЫХ ДЕСЕРТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ПРЕБИОТИКОМ

В. А. Помозова*, Е. Н. Соловьева**, А. Е. Истеева*
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**ООО ТПК «Сава», г. Томск, Россия

В ситуации, когда потребители различных слоев населения России, в том числе и дети дошкольного и школьного возраста испытывают постоянный дефицит микро- и макронутриентов, десерты фруктовые, обогащенные пребиотиком, помимо выполнения основной функции – удовлетворения в пищевых веществах, могут выступать в качестве эффективного функционального продукта и существенно влиять на процессы переваривания, усвоения, микробиоциноза и эвакуации пищи.

При разработке рецептур десертов фруктовых обогащенных пребиотиком как многокомпонентных пищевых систем, важнейшей задачей является обеспечение оптимального набора и соотношения рецептурных ингредиентов.

Проведенный нами анализ рынка детских десертов показал, что аналогичная продукция представлена зарубежными марками Heinz, Gerber, Hipp, Semper Marmaluzi, отечественными – «Спеленок», «Егор Иванович». В качестве обогащающего компонента используется только витамин С. В то же время, исследования состояния фактического питания детей дошкольного и школьного возраста показывают существенный недостаток в их рационах пищевых волокон, что является обоснованием для разработки продуктов, обогащенных пищевыми волокнами [1, 2].

При разработке продукта, обладающего пребиотическим эффектом, необходимо последовательно определить вид пребиотика, который обеспечит неизменность органолептических характеристик продукта, оптимальный режим технологического процесса, позволяющий создать продукт с высокими качественными показателями при его низкой себестоимости.

При выборе пребиотика необходимо обратить внимание на возможное влияние его внесения на реологические параметры пищевой среды, что связано с применяемым оборудованием и режимом обработки. Особое внимание необходимо уделить выбору пребиотика, так как в условиях жесткой рыночной конкуренции, продукция должна быть не только качественной, но и конкурентно способной, в том числе и в ценовом сегменте.

Сравнительная оценка различных видов добавок, относящихся к пищевым волокнам, позволила выбрать в качестве такого компонента гуммиарабик, который обеспечивал необходимую консистенцию, физиологическое действие, органолептические характеристики продукта и его экономическую эффективность.

Гуммиара́бик) – твёрдая прозрачная смола, выделяемая различными видами акаций. Зарегистрирован в качестве пищевой добавки Е414. Представляет собой экссудат, полученный при надрезе стволов или ветвей Acacia Senegal L. Willdenaw или Acacia seyal, а также других родственных разновидностей акации (семейство Leguminosae), очищенный путем растворения в воде, ультрафильтрации и пастеризации, а затем высушенный методом распылительной сушки. Полученный продукт не токсичен, легко растворим в воде, бесцветен, не обладает выраженным вкусом и запахом.

По химической природе гуммиарабик представляет собой гликопротеин с молекулярной массой 460 тыс. полисахаридные фрагменты этого гликопротеида состоят из D-галактозы, L-арабинозы и D-глюкуроновой кислоты в примерном соотношении 3:3:1:1. Главная цепь молекулы состоит из мономеров D-галактозы, связанных β-(1→3)-гликозидной связью. Полипептидные фрагменты отличаются повышенным содержанием гидроксипролина, серина и пролина, содержат также аспарагиновую кислоту, лейцин и глицин [3, 4, 5].

Гуммиарабик проявляет себя как пербиотический фактор, увеличивая концентрацию бифидо- и лактобактерий в толстом кишечнике в 4 раза при потреблении 10 г препарата в день; нормализует микроэкологический статус толстого кишечника; способствует подавлению гнилостных бактерий в толстом кишечнике; стимулирует иммунногенные свойства полезных микроорганизмов кишечника, активирует перистальтику кишечника, но без слабительного эффекта.

Высокая степень разветвления молекул камеди Acacia Senegal приводит к образованию плотных молекул с относительно небольшим гидродинамическим объемом, вследствие чего растворы камеди становятся вязкими только при больших концентрациях, что объясняется тем, что последние являются сильноразветвленными молекулами, между которыми практически не происходят межмолекулярные взаимодействия. Вязкость падает в присутствии электролитов благодаря экранированию заряда, а также при низких значениях pH, когда карбоксильные группы не диссоциируют. Другими важными технологическими свойствами гуммиарабика являются его эмульгирующая способность и участие в образовании микрокапсул. Гуммиарабик широко применяется в различных областях пищевой технологии как эффективный стабилизатор эмульсий и пен, регулятор структуры и консистенции пищи, пленкообразователь, материал для микрокапсулирования и др. [3, 4].

Так как в желудочно-кишечном тракте отсутствуют ферменты, расщепляющие волокна, последние достигают толстого кишечника в неизменном виде. За счет ферментации пищевых волокон, в частности инулина, гуммиарабика, пектина, стимулируется размножение именно полезных видов бактерий - бифидо- и лактобактерий, так как именно для нее они являются предпочтительным субстратом. Активно размножаясь за счет потребления субстрата пищевого волокна, полезная микрофлора, таким образом, вытесняет другие виды микроорганизмов, прежде всего патогенные и условно-патогенные, которые не способны конкурировать с ней за углеводный субстрат. Такое избирательное стимулирование роста определенных видов кишечной микрофлоры оказывает широкое оздоровляющее действие на различные системы организма, прежде всего на иммунную систему, и являются одним из основных индикаторов имеющегося пребиотического действия [5,6,7,8].

Для получения более интересных и гармоничных вкусов десертов фруктовых, обогащенных гуммиарабиком, купажировали различные виды фруктовых пюре и соков.

Для оценки вкусовых характеристик десертов фруктовых, обогащенных пребиотиком, применяли пятибалльную систему органолептической оценки.

По итогам дегустации было выбрано 5 наименований: яблоко-банан, груша-банан-манго, манго-персик, манго-яблоко-малина, голубика-яблоко-черная смородина-банан.

Для определения качества и пищевой ценности разработанных фруктовых десертов, был проведен анализ физико-химических показателей образцов продукции получивших наивысший балл при органолептической оценке (таблица).

Таблица 1 – Физико-химические показатели готовых десертов фруктовых

Наименование десерта фруктового	Показатель		
	Массовая доля растворимых сухих веществ, %	pH	Содержание гуммиарабика, %
Яблоко-банан	19,2±0,7	3,3±0,1	1,59±0,14
Манго-Яблоко-Малина	17,4±0,7	3,2±0,1	1,46±0,14
Груша-Банан-Манго	19,2±0,7	3,4±0,1	1,4±0,14
Голубика-Яблоко-Черная Смородина-Банан	18,0±0,7	3,5±0,1	1,57±0,14
Персик-манго	21,2±0,7	3,3±0,1	1,37±0,14

Данные таблицы позволяют сделать вывод о том, что десерты фруктовые могут быть отнесены к пребиотическим продуктам, так как функциональный пищевой ингредиент (гуммиарабик), входит в состав функционального пищевого продукта в количестве не менее 15 % от суточной физиологической потребности. Согласно МР 2.3.1.2432-08 физиологическая потребность в пищевых волокнах для детей старше трех лет 10-20 г/сутки, что в расчете на одну порцию продукта (140 грамм) составляет 1,1 % что соответствует результатам исследований, указанным в таблице [9,10].

По заключениям Центра гигиены и эпидемиологии по Томской области десерты фруктовые, изготовленные ООО «ТПК «САВА», соответствовали требованиям Технических Регламентов Таможенного союза 021/2011, 022/2011,029/2011 по показателям безопасности.

На основании проведенных исследований разработана базовая технологическая схема производства десертов фруктовых на основе пюре и соков, представленная на рисунке

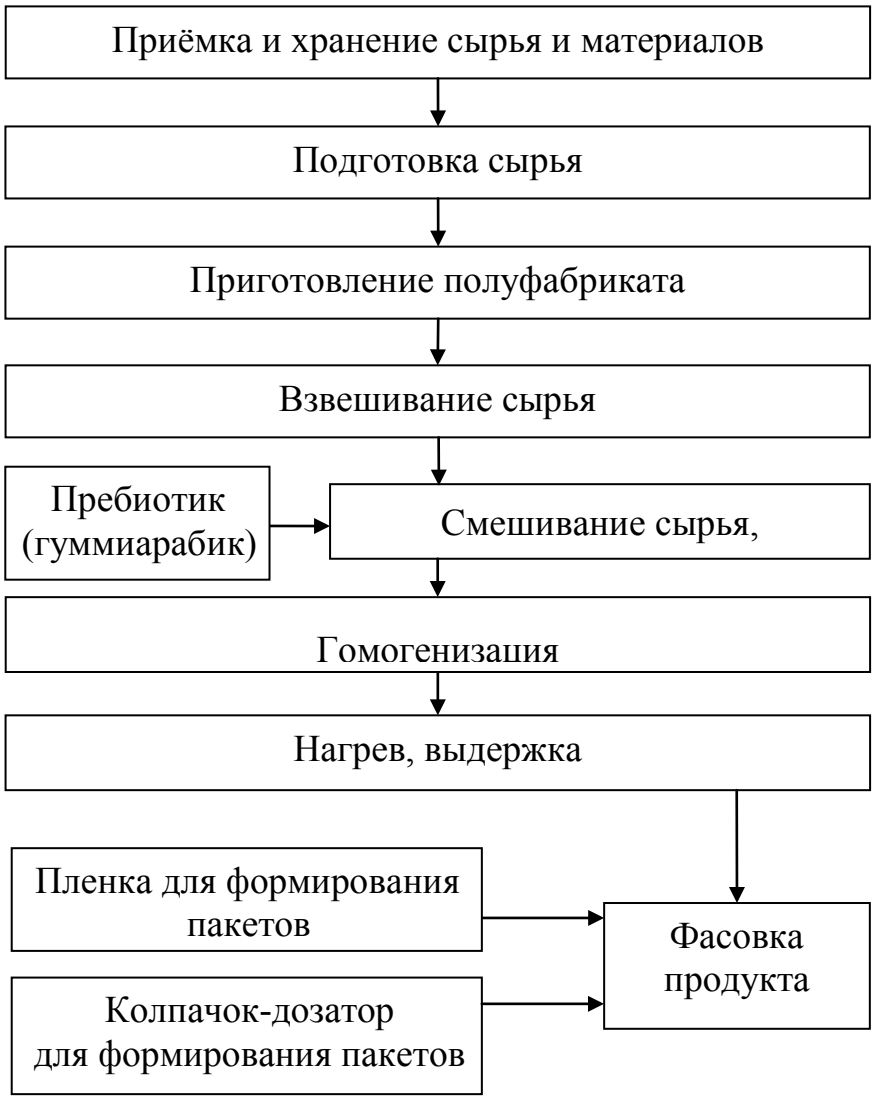


Рисунок 1– Технологическая схема производства десертов фруктовых

Подготовленное сырье проходит двухступенчатую протирочную машину для получения пюре и перекачивается в варочную емкость, для перемешивания с другими компонентами десерта. Одновременно с подготовкой пюре, происходит подготовка сахара. Сахар просеивают при помощи просеивателя, который поступает в контейнер, а из него на весы и в варочную емкость. Концентрированные соки и пюре асептического консервирования перекачиваются в варочную емкость с помощью погружных насосов. Все

компоненты перемешиваются. Пребиотик вносят в продукт в виде раствора перед гомогенизацией и температурной обработкой. В качестве антиокислителя в продукт добавляется аскорбиновая кислота. Далее при помощи центробежного насоса полученный полуфабрикат поступает в плунжерный гомогенизатор. Гомогенизацию полуфабриката проводят в две ступени при давлении 200, 350 бар для придания однородности продукту. После гомогенизации полуфабрикат перекачивается в трубчатый подогреватель, где нагревается до 95-96^{0}С и подается в накопительную емкость автоматической линии по розливу продукции в упаковку из комбинированных материалов с колпачком дозатором. Масса продукта 140 грамм. Упакованная продукция укладывается в коробки из гофрированного картона и штабелируется на поддоны. После чего готовая продукция поступает на склад.

Разработанная технология фруктовых десертов освоена на ООО ТПК «САВА» с 2017 года.

Список литературы

1. Бабий, Н. В. Методологические подходы к реализации концепции фитопрофилактики / Н. В. Бабий // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 6. – С. 38.

2. Анализ Фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет / А. Н. Мартинчик, А. К. Батурин, Э. Э. Кешабянц, Л. Н. Фатьянова, Я. А. Семенова // Вопросы питания. – 2017. – № 4. – С. 50.

3. Филлипс Г. О. Справочник по гидроколлоидам / Г. О. Филлипс, П. А. Вильямс. – Спб.: Гиорд, 2006. – 536 с.

4. Wang, Z. Modeling and estimation of rheological properties of food products for manufacturing simulations / Z. Wang, S. Hirai // J. Food Eng. – 2011. – № 2. – P. 136–144.

5. Исследование влияние компонентов молока на показатели качества растительно-сливочного спреда [Текст] / О. А. Ивашина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – №1. – С. 30.

6. Гаврилова, Н. Б. Научно-экспериментальное обоснование рецептур специализированных продуктов для питания спортсменов, обогащенных пробиотическими продуктами / Н. Б. Гарилова, М. П. Щетинин, Н. Л. Черопольская // Вопросы питания. – 2017. – № 5. – С. 22.

7. Anrikson, A. The medicinal collectings // Dermatol. Venerol. – 1992. – Vol. 119. – P. 209–211.

8. Опыт применения фруктовых пюре, соков и нектаров, обогащенных пребиотиками, в питании детей различного возраста / Т. Э. Боровик [и др.] // Вопросы детской диетологии. – 2010. – № 2. – С. 47.

9. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004.

10. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: Методические рекомендации (утв. Гл. сан. врачом РФ 18.12.08: введ 18.12.08.). – М.: ИнтерСЭН, 2008. – 39 с.

УДК 637.142/143:663.05

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ КОНСЕРВИРОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В ПЕРИОД ЕЕ ХРАНЕНИЯ

И. А. Радаева, С. Н. Туровская, Е. Е. Илларионова
Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности,
г. Москва, Россия

Основным свойством консервов является их способность к сохранению исходных санитарно-гигиенических, физико-химических и органолептических свойств в течение длительного времени. В случае с молочными консервами это может быть достигнуто за счет применения специфических технологических приемов консервирования (термоабиоз, осмоанабиоз, ксероанабиоз), использования качественных сырьевых компонентов и специализированных пищевых добавок, в том числе препятствующих развитию в консервах в период их хранения таких негативных химических процессов, как, например, окислительная порча липидов, приводящая к появлению неприятных вкусовых ощущений различной интенсивности (прогорклый, липолизный, салистый привкус), уменьшению питательных веществ за счет накопления токсичных соединений и, естественно, возникновению деградационных процессов, приводящих к сокращению сроков годности консервов [1–4]. Для предотвращения этого нежелательного порока используют широкий спектр природных и синтетических антиокислителей [5]. В настоящее время в развитых странах функционирует система международных стандартов Codex Alimentarius, в том числе и на молочные консервы, в которых для продуктов с повышенным содержанием молочного жира регламентировано использование синтетических антиокислителей, например аскорбилпальмитата, аскорбилстеарата, бутилгидроксианизола и пр. [6].

Дигидрокверцетин (Д) является уникальным отечественным антиокислителем растительного происхождения, входящим в группу флавоноидов – флаванонолов. Его получают из природного сырья – комлевой части древесины сибирской и даурской лиственниц. Он характеризуется высокой антиокислительной активностью, превосходящей кверцетин, рутин, β-каротин и ряд синтетических антиокислителей. В результате многолетних комплексных исследований (Н. А. Тюкавкина, И. А. Селиванова, Ю. О. Теселкин, Г. И. Клебанов и др.) определен состав биофлавоноидов в Д, установлены его санитарно-гигиенические показатели, медико-биологические свойства, условия хранения и сроки годности, а также на основе доказательной медицины получены абсолютно новые данные в отношении положительной роли Д на здоровье человека в качестве профилактического и лечебного препарата. Разработаны различные документации вида технических условий на препарат Д для использования в медицинских целях. Все это послужило фундаментом для широкого применения Д в пищевой промышленности в двух направлениях: в качестве функционального ингредиента и антиокислителя [7–9]. В конце 90-х годов прошлого столетия он официально внесен в список пищевых добавок, разрешенных к применению в производстве пищевых продуктов с технологической функцией «антиокислитель». В процессе преобразования российской законодательной базы в настоящее время Д включен в ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств» в том же технологическом качестве.

В связи с широким использованием Д для увеличения сроков годности огромного ассортимента молочных, мясных, рыбных, кондитерских и прочих пищевых продуктов и с появлением многих производителей, реализующих Д различного (не всегда хорошего или нестабильного) качества, возникла необходимость создания единых требований к его показателям. С этой целью в 2017 году впервые введен в действие межгосударственный стандарт ГОСТ 33504-2015 «Добавки пищевые. Дигидрокверцетин. Технические условия», разработанный ВНИМИ совместно с ОАО «Завод экологической техники и экопитания «ДИОД», регламентирующий использование Д в качестве антиокислителя [10]. В указанном документе стандартизирован термин «дигидрокверцетин» следующего определения: «антиокислитель пищевого продукта, получаемый из древесины лиственницы сибирской

(*Larix sibirica Ledeb*), лиственницы Гмелина или лиственницы даурской (*Larix gmelini (Rupr) Rupr*, синоним *L. dahurica Turcz*), представляющий собой мелкокристаллический порошок от белого до кремового или светло-желтого цвета, имеющий температуру плавления от 222 до 226 °С, с содержанием дигидрокверцетина не менее 90 %», а также даны молекулярная масса (304,25 а. е. м.), химическое название (3, 3′, 4′, 5, 7 пентагидроксифлаванон), эмпирическая ($C_{15}H_{12}O_7$) и структурная формулы. Для идентификации и выявления случаев фальсификации Д в ГОСТ 33504-2015 нормированы органолептические и физико-химические показатели, для обеспечения санитарно-гигиенической безопасности – допустимые уровни потенциально опасных веществ и микроорганизмов. Следует обратить особое внимание на рекомендуемый документом срок годности Д (пять лет), который минимум в два раза превышает длительность хранения любого вида молочных консервов.

Результаты проведенных многочисленных комплексных исследований по использованию Д в производстве молочных консервов реализованы, в числе прочего, сначала в создании национальной, а затем и межгосударственной нормативной базы на консервированную молочную продукцию [11, 12]. В табл. 1 представлен перечень стандартов, разработанных ВНИМИ за последнее десятилетие, охватывающий сухие и сгущенные с сахаром молочные и молокосодержащие консервы, в производстве которых предусмотрено использование Д в качестве антиокислителя.

Таблица 1 – Перечень стандартов на консервированную молочную продукцию с использованием дигидрокверцетина

Наименование стандарта	Национальный стандарт	Межгосударственный стандарт
Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия	ГОСТ Р 52791-2007	ГОСТ 33629-2015
Консервы молочные. Сливки сухие. Технические условия	ГОСТ Р 54661-2011	ГОСТ 33922-2016
Консервы молочные. Молоко и сливки сгущенные с сахаром. Технические условия	ГОСТ Р 53436-2009	ГОСТ 31688-2012
Консервы молокосодержащие сгущенные с сахаром. Общие технические условия	ГОСТ Р 53507-2009	ГОСТ 31703-2012
Консервы молокосодержащие сухие. Технические условия	ГОСТ Р 54649-2011	–

В результате научных исследований и промышленных апробаций сотрудниками лаборатории молочных консервов ВНИМИ установлена доза, способы подготовки и внесения Д в молочные консервы, что нашло отражение в типовых технологических инструкциях по производству традиционных молочных консервов (сухого цельного молока, сухого частично обезжиренного молока, сгущенного цельного молока с сахаром, сгущенного частично обезжиренного молока с сахаром), поскольку у производителей постоянно возникают затруднения при выборе способа и порядка внесения Д в технологический процесс выработки консервированной молочной продукции для обеспечения наиболее полного проявления его антиокислительных свойств. Помимо способности к растворению в жидких средах перед применением Д производителям также рекомендовано убедиться в антиокислительной активности конкретного образца, поскольку именно высокая эффективность использования в качестве антиокислителя липидов животного и растительного происхождения является основой стабильно высокого интереса к этой пищевой добавке со стороны производителей пищевой продукции.

На основании вышеперечисленных факторов, а также в связи с тем, что за последнее время в лаборатории молочных консервов ВНИМИ проведены дополнительные исследования по внесению антиокислителя Д в разнообразные пищевые продукты, авторами статьи систематизированы имеющиеся материалы. Это стало основой для разработки методических рекомендаций «Определение технологических свойств антиокислителя дигидрокверцетина» (далее – Рекомендации) по оценке технологических свойств пищевой добавки с целью определения степени приемлемости исследуемого образца Д в конкретном

производстве при выработке разнообразной пищевой продукции. Обязательным условием для определения технологических свойств конкретного образца Д является его соответствие требованиям ТР ТС 029/2012, ГОСТ 33504-2015, действующим нормативно-правовым актам, а также нормативно-технической документации, в соответствии с которой он изготовлен и может быть идентифицирован. В Рекомендациях приведен порядок исследований технологических свойств Д. Из опыта работы авторов статьи с различными образцами данной пищевой добавки следует, что для производства молочных консервов (и прочих пищевых продуктов) основными технологическими свойствами Д, наряду с качественными характеристиками, являются: способность к растворению, скорость и полнота растворения, устойчивость растворов Д в хранении, а также антиокислительная активность. В связи с этим в Рекомендациях предложено осуществлять оценку технологических свойств Д по двум направлениям: определению растворимости в жидких средах и антиокислительной активности. Применение результатов таких исследований увеличит возможность более полного рационального использования пищевого сырья, а также прогнозирования и направленного регулирования качественных характеристик готовых консервированных молочных продуктов, вырабатываемых с использованием Д [13, 14].

Применение Д в производстве молочных консервов, снижающего влияние такого негативного процесса, как окислительная порча липидов, позволило значительно увеличить сроки годности продукции (табл. 2).

Таблица 2 – Сроки годности консервированной молочной продукции

Наименование вида консервированной молочной продукции	Срок годности при температуре от 0 до 10 °С, мес.	
	без использования Д	с использованием Д
Молоко частично обезжиренное сгущенное с сахаром	12–15	18–24
Молоко цельное сгущенное с сахаром	12–15	18–24
Сливки сгущенные с сахаром	6–10	12
Молоко частично обезжиренное сухое	8	12–24
Молоко цельное сухое	8	12–24
Сливки сухие	8	12–16
Творог сублимированный	13–18 (с кверцетином)	24

Из всего ассортимента молочных консервов увеличение срока годности особенно необходимо и актуально для сгущенного цельного молока с сахаром, поскольку разрешенного в установленном нормативно-техническими документами порядке годичного срока явно недостаточно для продукта, входящего в номенклатуру Росрезерва, а следовательно, имеющего стратегическое назначение. Совместно проведенные исследования ВНИМИ и НИИПХ по изучению стандартизованных и дополнительных показателей качества и безопасности сгущенного цельного молока с сахаром, в которое был введен Д, с использованием общепринятых и оригинальных методов химико-технологического и микробиологического контроля подтвердили антиокислительный эффект от добавления Д и позволили установить срок годности продукта два года [15].

Что касается сухого молока, то результатом совместных комплексных работ стало создание технологии сухого цельного молока со сроком годности 24 месяца в потребительской таре и 12 месяцев в транспортной таре, в том числе в складских помещениях с нерегулируемой температурой, где допускается ежегодное повышение температуры до 18 °С в течение трех месяцев. Продукт на протяжение 29 месяцев хранения при различных температурно-влажностных режимах сохранил исходные органолептические показатели. Кроме органолептической оценки антиокислительную активность сухого цельного молока с Д устанавливали химическими методами (степень окисленности молочного жира хемилюминесцентным методом, стойкость молочного жира по методу Монина – Шетти). Продукт был так же высоко оценен и биологическими тестами [16].

Также были проведены исследования по установлению сроков годности творога сублимационной сушки с Д, которые показали практически стабильную картину в отношении

органолептических, физико-химических и санитарно-гигиенических показателей на всем протяжении длительного хранения, что позволило в технической документации нормировать срок годности – 24 месяца не только при температуре (5 ± 2) °С, но и не выше 25 °С [17].

Таким образом, на основе проведения большого объема исследований свойств Д и его использования в производстве молочных консервов создана современная научно-методическая база, разработаны нормативные и технические документы (национальные и межгосударственные стандарты, технологические инструкции, рекомендации), способствующие созданию конкурентоспособной отечественной консервированной продукции, управлению ее качеством и безопасностью, снижению деградационных процессов в период длительного хранения, а также выявлению фактов фальсификации.

Список литературы

1. Краткий справочник специалиста молочно-консервного производства / А. Г. Галстян [и др.] – М. : Ритм, 2011. – 152 с.

2. Петров, А. Н. Актуальные аспекты противодействия фальсификации пищевых продуктов / А. Н. Петров, Р. А. Ханферьян, А. Г. Галстян // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 5. – С. 86–92.

3. Галстян, А. Г. Развитие научных основ и практические решения совершенствования технологий, повышения качества и расширения ассортимента молочных консервов : автореф. дис. … д-ра техн. наук : 05.18.04 / Галстян Арам Генрихович. – М. : ВНИИМП им. В. М. Горбатова, 2009. – 50 с.

4. Хуршудян, С. А. Потребитель и качество пищевых продуктов / С. А. Хуршудян // Пищевая промышленность. – 2014. – № 5. – С. 16–18.

5. Галстян, А. Г. Каротиноиды. Общие положения. Применение в молочной промышленности / А. Г. Галстян, Г. А. Аветисян. – М. : Россельхозакадемия, 2005. – 159 с.

6. Indicators of Quality of Canned Milk: Russian and International Priorities / A. N. Petrov [et al.] // Food and Raw material. – 2017. – Vol. 5, № 2. – P. 151–161.

7. Радаева, И. А. Роль молочных геропродуктов в питании пожилых людей / И. А. Радаева, А. Н. Петров, А. Г. Галстян // Молочная промышленность. – 2001. – № 5. – С. 34.

8. Галстян, А. Г. Технологии молочных геропродуктов с длительным сроком хранения / А. Г. Галстян, А. Н. Петров, И. А. Радаева // Переработка молока. – 2008. – № 4. – С. 14.

9. Научные основы и технологические принципы производства молочных консервов геродиетического назначения / А. Г. Галстян [и др.] // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 5. – С. 114–119.

10. Новый межгосударственный стандарт на антиокислитель дигидрокверцетин / И. А. Радаева [и др.] // Молочная промышленность. – 2016. – № 4. – С. 57–59.

11. Национальные стандарты на молочные консервы – основа создания новых межгосударственных стандартов / И. А. Радаева [и др.] // Молочная промышленность. – 2012. – № 7. – С. 22–24.

12. Современная нормативная база производства молочных консервов / И. А. Радаева [и др.] // Переработка молока. – 2013. – № 7 (166). – С. 6–9.

13. Изучение технологических свойств дигидрокверцетина / И. А. Радаева [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 3. – С. 67–68.

14. Влияние дигидрокверцетина на устойчивость молочного жира к окислению / Е. Е. Илларионова [и др.] // Молочная промышленность. – 2018. – № 2. – С. 67–68.

15. Структурные изменения сгущенного молока с сахаром в процессе длительного хранения / И. А. Радаева [и др.] // Молочная промышленность. – 2017. – № 9. – С. 60–62.

16. Радаева, И. А. Увеличение срока хранения молочных продуктов путем использования антиоксидантов / И. А. Радаева // Молочная промышленность. – 2006. – № 7. – С. 54–56.

17. Петров, А. Н. Консервирование творога на основе лиофилизации / А. Н. Петров, Г. А. Россихина, С. Н. Туровская // Молочная промышленность. – 2004. – № 8. – С. 32.

УДК 664.34

РАСТИТЕЛЬНЫЕ МАСЛА ДЛЯ ДИЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ

Т. В. Рензяева*, В. И. Кривовяз**, А. О. Рензяев*, Л. Н. Хайдар-Заде***
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**ООО ПКП «Провансаль», г. Томск, Россия
***Бухарский инженерно-технический институт, г. Бухара, Республика Узбекистан

Продукты питания, присутствующие на рынке, должны быть безопасны, способствовать укреплению продовольственного сектора местной экономики, а также соответствовать направлениям государственной политики в области питания, в том числе снижению уровня алиментарно-зависимых заболеваний населения. В настоящее время уровень болезней системы кровообращения в России и странах СНГ довольно высок, а смертность от этих заболеваний является самой распространенной причиной. Рационы питания, приспособленные к потребностям населения, должны обеспечивать удовлетворение традиционных вкусов и содержать сбалансированный состав пищевых ингредиентов для снижения риска развития алиментарно-зависимых заболеваний.

Важную роль в питании играют масла и жиры, являясь источниками энергии и незаменимых физиологически функциональных ингредиентов. Многочисленными исследованиями достоверно установлено, что растительные масла оказывают влияние на липидный обмен и другие метаболические процессы в организмах человека и животных благодаря особенностям их жирнокислотного состава и присутствию сопутствующих веществ [1, 2, 3, 4].

Хотя потребление растительных масел и твердых жиров в настоящее время в странах СНГ в среднем соответствует рекомендуемым нормам (10-12 кг/год), их состав остается несбалансированным, в том числе по содержанию насыщенных жирных кислот (НЖК) и ненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), соотношению ПНЖК семейств ω-6 и ω-3, а также жирорастворимых витаминов. К незаменимым ПНЖК ω-6 и ω-3, которые организм человека не способен синтезировать и должен получать с пищей, линолевая жирная кислота (ЖК) с двумя двойными связями (С18:2, ω-6) и α-линоленовая ЖК с тремя двойными связями (С18:3, ω-3), которые синтезируются масличными культурами и присутствуют в ряде растительных масел в различных количествах и соотношениях [1, 5, 6].

Присутствие в питании достаточного количества ПНЖК ω-3 оказывает влияние на состав липидов крови, в частности на снижение уровня триглицеридов и липопротеидов низкой плотности, которые связывают с атеросклеротическими нарушениями в организме, и увеличение атерогенных липопротеидов высокой плотности. Как антисклеротический фактор ПНЖК ω-3 способствуют метаболизации холестерина в печени и его выведению из организма. Потребление рекомендуемых доз ПНЖК ω-3 существенно снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний у здоровых людей, способствует выздоровлению и снижает смертность среди людей, перенесших эти заболевания [2].

В организме человека α-линоленовая ЖК ω-3 и линолевая ЖК ω-6 входят в структуру клеточных мембран тканей человека. Они являются предшественниками частично незаменимых физиологически значимых длинноцепочечных ЖК эйкозапентаеновой и докозагексаеновой, которые входят в состав сетчатки глаз, нервных клеток, серого вещества коры головного мозга, гормонов клеточной регуляции, оказывают влияние на воспалительные процессы, иммунорегуляцию, передачу нервного импульса, регуляцию кровотока и т.д. Синтез эйкозапентаеновой и докозагексаеновой ЖК в организме человека из пищевой α-линоленовой ЖК зависит от поступления в организм ПНЖК ω-6, в том числе линолевой ЖК. В подсолнечном, соевом, кукурузном растительных маслах линолевая ЖК ω-6 содержится в достаточно больших количествах [1, 2].

Основываясь на доказательной базе установленных взаимосвязей питания населения с факторами риска алиментарно-зависимых заболеваний экспертами ФАО/ВОЗ даны рекомендации потребления жиров. Рекомендовано ограничивать в диете НЖК, в первую очередь пальмитиновую и лауриновую, поступающие в основном с животными жирами и тропическими маслами. Установлено, что замена НЖК на мононенасыщенные (МНЖК) и ПНЖК снижает риск сердечно-сосудистых заболеваний. Доля потребления НЖК для взрослых и детей не должна превышать 10 % калорийности суточного рациона. Физиологическая потребность в МНЖК для взрослых людей составляет 10 % от калорийности суточного рациона. [2, 5]

Особое значение для организма человека имеют ПНЖК семейств ω-6 и ω-3, которые являются структурными и функциональными компонентами клеточных мембран, а также предшественниками физиологически значимых биорегуляторов – эйкозаноидов, которые обеспечивают нормальное развитие и адаптацию организма человека к неблагоприятным факторам окружающей среды. Рекомендованным ВОЗ уровнем суммарного потребления ПНЖК ω-6 и ω-3 является 6–11 %, минимальное потребление составляет 2,5–3,5 %. Рекомендованный уровень потребления ПНЖК ω-3 составляет 1 г/день линоленовой ЖК и дополнительно 200 мг длинноцепочечных ЖК. В соответствии с методическими рекомендациями Роспотребнадзора МР 2.3.1.2432-08 физиологическая норма потребления ЖК ω-6 для взрослого человека составляет до 7-8 % калорийности суточного рациона, а для ЖК ω-3 – до 1-2 %. Оптимальное соотношение ПНЖК ω-6:ω-3 в рационе должно составлять от 5:1 до 10:1 [1, 5].

Одним из показателей безопасности жиров и масел является присутствие в них транс-изомеров жирных кислот. Основными трансжирными кислотами (ТЖК) в питании являются изомеры элаидиновой кислоты (18:1, транс), которые поступают в основном с частично гидрогенизированными растительным маслами (маргаринами). В настоящее время имеются доказательства того, что ТЖК неблагоприятно влияют на липидный состав крови, повышают риск и частоту случаев сердечно-сосудистых заболеваний. Рекомендация ВОЗ по среднему потреблению ТЖК – не более 2 %, однако и она признана вредной для здоровья, и мировому сообществу рекомендовано исключать их из рациона питания человека [4, 5].

Характерной особенностью рациона питания современного человека является повышенный уровень ПНЖК, главным образом за счет ПНЖК ω-6, и дефицит ПНЖК ω-3. Одной из проблем является то, что соотношение ПНЖК ω-6:ω-3 в рационе не сбалансировано и составляет от 15:1 до 25:1. Все это обуславливает высокий уровень сердечно-сосудистых заболеваний. Высокие соотношения ω-6:ω-3 характерны для пшеницы, а также для куриного мяса и куриных яиц при кормлении птиц зерном. В последние годы содержание ПНЖК в рационе питания увеличилось, а соотношение ПНЖК ω-6:ω-3 уменьшилось, но по-прежнему не достигло рекомендуемого соотношения. Одной из причин несбалансированности рациона по ПНЖК ω-6:ω-3 в странах СНГ является преимущественное потребление подсолнечного масла, являющегося источником ПНЖК ω-6, и недостаточное потребление масел с высоким содержанием ПНЖК ω-3 [1, 6, 7].

Обычный рацион питания населения стран СНГ содержит избыток насыщенных НЖК и ПНЖК ω-6, а также не соответствует потребностям организма в ПНЖК ω-3, что требует коррекции согласно рекомендуемыми нормами потребления. В этой связи существует потребность в растительных маслах сбалансированного жирнокислотного состава счет увеличения доли ПНЖК ω-3 и оптимизации соотношение ПНЖК ω-6:ω-3. Ожидаемым результатом потребления таких растительных масел является снижение частоты сердечно-сосудистых заболеваний.

Целью работы являлась разработка рецептур растительных масел, сбалансированных по жирнокислотному и витаминному составу для диетического профилактического питания.

В настоящее время на рынок стран СНГ поставляются различные виды жидких растительных масел. Каждый вид масла характеризуется специфичным жирнокислотным составом и сопутствующими веществами (витаминами, фосфолипидами, каротиноидами и

др.), что определяет его органолептические, физико-химические свойства и пищевую ценность. Наибольшую долю рынка растительных масел занимает подсолнечное масло. Однако в последние годы в производстве масличных культур увеличивается доля крестоцветных культур, представителями которых являются рапс и рыжик. Эти культуры удачно сочетают в себе хорошую урожайность семян с высоким содержанием масла и белка. Биологические особенности этих культур позволяют выращивать их в широком диапазоне почвенно-климатических условий, в том числе в зонах рискованного земледелия. Перспективность крестоцветных масличных культур обусловлена тем, что их масла могут рассматриваться в качестве источника ПНЖК ω-3 в составе купажированных масел [7, 8, 9].

В качестве объектов исследования использовались рафинированное дезодорированное подсолнечное масло ГОСТ 1129-2013, рафинированное дезодорированное рапсовое масло ГОСТ 31759-2012, нерафинированное рыжиковое масло ТУ 9141-009-34048159-02. Для обоснования выбора растительных масел и установления их соотношений в купажных смесях предварительно определялся жирнокислотный состав методом газовой капиллярной хроматографии по ГОСТ 30418-96 (табл. 1).

Таблица 1 – Жирнокислотный состав растительных масел

Наименование жирных кислот	**Содержание жирных кислот в масле, %**		
	подсолнечное	**рыжиковое**	**рапсовое**
Лауриновая ($C_{12:0}$)	0,19	0,02	*0,02*
Миристиновая ($C_{14:0}$)	0,10	0,09	*0,09*
Пентадекановая ($C_{15:0}$)	0,01	0,02	*0,02*
Пентадеценовая ($C_{15:1}$)	–	0,01	*0,01*
Пальмитиновая ($C_{16:0}$)	6,95	5,36	*4,52*
Гексадеценовая ($C_{16:1}$)	–	0,04	*0,06*
Пальмитолеиновая ($C_{16:1}$), 9-цис	0,05	0,09	*0,29*
Гексадекадиеновая ($C_{16:2}$)	–	0,01	*0,02*
Маргариновая ($C_{17:0}$)	0,04	0,05	*0,04*
Гептадеценовая ($C_{17:1}$)	0,02	0,04	*0,03*
Стеариновая ($C_{18:0}$)	3,70	2,26	*1,73*
Элаидиновая ($C_{18:1}$), 9-транс	0,31	–	–
Олеиновая ($C_{18:1}$), 9-цис	26,26	14,83	*57,24*
Вакценовая ($C_{18:1}$), 11-транс	–	0,80	*3,02*
Изо-линоленовая ($C_{18:2i}$)	0,11	–	–
Линолевая ($C_{18:2}$), ω-6	**69,58**	**17,37**	***20,58***
γ-Линоленовая ($C_{18:3}$), ω-6	–	**0,14**	***0,11***
α-Линоленовая ($C_{18:3}$), ω-3	**0,12**	**37,70**	***9,15***
Арахиновая ($C_{20:0}$)	0,21	1,06	*0,49*
Гондоиновая ($C_{20:1}$)	0,15	12,72	*1,21*
Эйкозеновая ($C_{20:1}$)	–	0,36	–
Эйкозадиеновая ($C_{20:2}$)	–	1,88	*0,16*
Эйкозатриеновая ($C_{20:3}$)	–	1,54	*0,06*
Бегеновая ($C_{22:0}$)	0,04	0,22	*0,20*
Эруковая ($C_{22:1}$)	0,07	2,35	*0,61*
Докозадиеновая ($C_{22:2}$)	–	0,10	*0,03*
Докозатриеновая ($C_{22:3}$)	–	0,35	*0,11*
Лигноцериновая ($C_{24:0}$)	–	0,58	*0,06*
Соотношение ω-6:ω-3	*580:1*	*0,5:1*	*2:1*

Как следует из табл. 1, в подсолнечном масле присутствуют около 70 % линолевой ЖК ω-6 и только незначительные количества α-линоленовой ЖК ω-3, поэтому для него характерно очень высокое соотношение ω-6:ω-3 (580:1). Кроме того, в подсолнечном масле присутствует немного элаидиновой ЖК, которая рекомендациями ФАО/ВОЗ отнесена к ТЖК. Рапсовое масло имеет наиболее сбалансированный состав и лучшее соотношение ПНЖК ω-6:ω-3 (2:1) из исследованных масел, что говорит о его высокой пищевой ценности.

Жирнокислотный состав рыжикового масла отличается бóльшим разнообразием и присутствием значительных количеств α-линоленовой ЖК ω-3. В рыжиковом масле также содержится эруковая ЖК, отношение к которой неоднозначно. Согласно большому числу опубликованных работ эруковая ЖК не утилизируются ферментной системой млекопитающих и накапливаются в различных тканях, оказывая вредное влияние на рост и развитие организма. Однако по данным ФАО/ВОЗ в некоторых популяциях эруковая кислота рассматривается как главная МНЖК в питании. К преимуществом эруковой кислоты относят стабильность к окислению при длительном хранении и нагревании, что снижает вероятность возможных побочных эффектов для здоровья. [5]

Жирнокислотный состав рыжикового и подсолнечного масел позволяет сделать вывод о целесообразности приготовления из них купажированных продуктов, имеющих сбалансированное соотношение незаменимых ПНЖК ω-6:ω-3, при смешивании в определенных соотношениях.

Известно, что растительные масла являются основным источником витамина Е (токоферола), который относят к антиоксидантам. Он представлен в маслах несколькими изомерами, обладающих разной витаминной активностью. Качественный состав и количество токоферолов относятся к факторам, влияющим на биодоступность, полноту и скорость восполнения витаминной недостаточности. Организм человека не синтезирует антиоксиданты, поэтому они должны поступать с пищей. Рекомендуемое потребление витамина Е взрослыми людьми составляет от 8 до 10 мг эквивалента α-токоферола в день. Наибольшей витаминной активностью обладает α-токоферол. Активность α-, β-, γ- и δ-токоферолов соотносится как 100:(20-30):10:1. Подсолнечное масло является источником ПНЖК ω-6 и одновременно источниками α-токоферола [1, 5].

В ряде работ показано, что увеличение потребления ПНЖК ω-3 при включении в рацион рыбьего жира или льняного масла сопровождается повышением интенсивности процессов перекисного окисления липидов, что увеличивает расход антиоксидантов. Антиоксидантная защита организма, в которую входят токоферолы, при этом снижается. Так, льняное масло содержит большое количество α-линоленовой ЖК ω-3, но проигрывает в содержании α-токоферола в сравнении с подсолнечным маслом. Существует мнение, что повышение в рационе количества ПНЖК ω-3 увеличивает потребность в витамине Е. Для нейтрализации отрицательного влияния ПНЖК ω-3 на антиоксидантный статус дополнительно требуется 0,6 мг α-токоферола на 1 г ПНЖК. Адекватная обеспеченность организма α-токоферолом предотвращает окисление ПНЖК [3, 10, 11].

Обогащение рациона ПНЖК семейства ω-3 путем включения масел с различным жирнокислотным составом может способствовать снижению уровня обеспеченности организма α-токоферолом. Решению проблемы способствует разработка купажированных масел, содержащих ПНЖК ω-3, токоферол и его изомеры в количествах, позволяющих предотвратить перекисное окисление самих масел продукта и повысить антиоксидантную защиту организма их потребителей.

Нерафинированное рыжиковое масло обладает высокой устойчивостью к окислению. Исследования состава и изменений в процессе его хранения позволили предположить, что значительные количества, β- и γ-токоферолов в рыжиковом масле способствует поддержанию высокого уровня стабильности к окислению в процессе хранения, несмотря на большое содержание ПНЖК ω-3 [12].

Проделанная работа позволила получить купажированные растительные масла с соотношением ω-6:ω-3 жирных кислот 5:1 и 10:1 на основе подсолнечного рафинированного

дезодорированного и рыжикового нерафинированного масел. Состав ПНЖК и токоферолов, соотношения ω-6:ω-3 в купажированных маслах представлен в табл.2.

Таблица 2 – Содержание жирных кислот и токоферолов в маслах и их купажных смесях

Наименование показателя	Значение для масел и их купажных смесей			
	подсолнечное	рыжиковое	купажная смесь №1	купажная смесь №2
Содержание, % от суммы ЖК:				
НЖК	11,2	9,7	9,4	*9,4*
ПНЖК	69,7	55,2	62,2	*61,0*
Линолевая ЖК, ω-6	69,58	17,37	56,27	*50,78*
γ-Линоленовая ЖК, ω-6	–	0,14	0,03	*0,04*
α-Линоленовая ЖК, ω-3	0,12	37,70	5,67	*10,19*
Токоферолы, мг%	58	91	63	*67*
α- токоферол, % к общей массе	92	2	72	*59*
β+γ -токоферолы, % к общей массе	2	95	19	*41*
Соотношение ω-6:ω-3	*580:1*	*0,5:1*	*10:1*	*5:1*

Как видно из табл. 2, растительные масла, полученные купажированием подсолнечного и нерафинированного рыжикового масел, обладают более разнообразным составом жирных кислот, содержат незаменимые эссенциальные жирные кислоты семейств ω-6 и ω-3 в рекомендованных соотношениях. В них присутствуют как обладающий витаминной активностью α-токоферол, так и β+γ–токоферолы, способствующие поддержанию высокого уровня стабильности к окислению в процессе хранения масел.

Нерафинированное рыжиковое масло имеет специфический вкус и запах, типичный для рыжика, который, хотя и в меньшей степени, но передавался купажированным маслам. Потребители неоднозначно воспринимают органолептические свойства рыжикового масла. Существует достаточно большая группа потребителей, которым нравится присутствие вкуса и аромата рыжикового масла в продуктах питания. Особенно много их в регионах, где рыжиковое масло традиционно используется в питании. Однако другая группа потребителей воспринимает вкус и аромат рыжика как нежелательный. С целью расширения круга потребителей были проведены исследования возможности модификации вкуса и аромата рыжикового масла добавлением ароматизаторов.

Исследования особенностей вкусоароматических свойств растительных масел и их купажных смесей позволили подобрать ароматизаторы для нивелирования органолептических показателей качества рыжикового масла и разработать рецептуры купажированных ароматизированных растительных масел на основе подсолнечного и рыжикового масел с добавлением в качестве ароматизаторов специй и натуральных эфирных масел (укроп, лимон, чеснок, жгучий перец, кориандр, карри).

Проведенные исследования позволили разработать рецептуры купажированных растительных масел, сбалансированных по жирнокислотному и витаминному составу для диетического профилактического питания, как для больных с сердечно-сосудистой патологией, так и здоровых людей.

Список литературы

1. Состав жирового компонента рациона и обеспеченность организма жирорастворимыми витаминами / В. М. Коденцова [и др.] // Вопросы питания. – 2014. – № 6. – С. 4–17.

2. Симонова, Г. И. Питание и атеросклероз / Г. И. Симонова, В. А. Тутельян, А. В. Погожева // Бюллетень СО РАМН. – 2006. – № 2 (120). – С. 80–85.

3. Влияние полиненасыщенных жирных кислот ω-3 на некоторые показатели антиоксидантного потенциала крыс / Л. В. Кравченко [и др.] // Вопросы питания. – 2013. – № 2. – С. 4–9.

4. Бессонов, В. В. Трансизомеры жирных кислот: риски для здоровья и пути снижения потребления / В. В. Бессонов, Л. А. Зайцева // Вопросы питания. – 2016. – № 3. – С. 6–18.

5. Кузнецов, И. А. Роль жиров и жирных кислот в питании человека. Последние выводы и рекомендации экспертов ФАО/ВОЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.oilbranch.com/publ/view/438.html.

6. Торихен, Б. Оценка значимости жирно-кислотного состава растительных масел для здорового питания / Б. Торихен, Л. Г. Протасова // Известия УРГЭУ. – 2014. – № 5(55). – С. 115–119.

7. Больше внимания перспективной культуре – рыжику / А. Н. Лисицин [и др.] // Масложировая промышленность. – 2012. – № 1. – С. 11–15.

8. Степычева, Н. В. Купажированные растительные масла с оптимизированным жирно-кислотным составом / Н. В. Степычева, А. А. Фудько // Химия растительного сырья. – 2011. – № 2. – С. 27–33.

9. Технология производства растительных масел со сбалансированным жирнокислотным составом / Л. П. Паршакова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2017. – № 5. – С. 25–27.

10. Protective effect of supplementation of fish oil with high n-3 polyunsaturated fatty acids against oxidative stress-induced DNA damage of rat liver in vivo / K. Kikugawa [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2003. – Vol. 51. – No. 20. – P. 6073–6079.

11. Relationship between lipid peroxidation and antioxidant status in the muscle of German Holstein bulls Fed n-3 and n-6 PUFA-enriched diets / L. Mahecha [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58. – No. 14. – P. 8407–8413.

12. Сизова, Н. В. Определение количества токоферолов в растительных маслах методом микроколориметрии / Н. В. Сизова, Н. Ю. Андреева // Химия растительного сырья. – 2005. – № 2. – С. 41–43.

УДК 602.4:637.146

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОРОЖЕНОГО С *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS*

С. А. Рябцева, В. Р. Ахмедова, Г. С. Анисимов
Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

Потребление продуктов здорового питания (Health and Wellness) относится к быстро растущим сегментам мирового рынка. Кисломолочные продукты содержат естественно синтезированные биоактивные метаболиты стартерных культур, концентрация которых зависит от штамма, состава, условий производства и хранения продукта, и могут быть названы биофункциональными [1].

Мороженое – популярный среди людей разных возрастов молочный продукт, который может быть успешно использован для доставки в организм человека различных полезных для здоровья добавок. В последнее десятилетие активно развивается направление исследований, направленных на разработку функционального мороженого, содержащего пробиотики, пребиотики, синбиотики, пищевые волокна, антиоксиданты, полиненасыщенные жирные кислоты, макро- и/или микроэлементы [2–4]. Особый интерес представляют новые стратегии включения функциональных ингредиентов в мороженое в виде микрокапсул, наноэмульсий и олеогелей, вопросы воздействия биологически активных веществ на структуру, органолептические свойства и стабильность замороженных молочных десертов при хранении, а также на их усвояемость и метаболизм микрофлоры кишечника [5].

Наиболее перспективным считается использование мороженого в качестве носителя пробиотиков, так как высокое содержание в нем углеводов (дисахаридов лактозы и сахарозы, полисахаридов, входящих в состав стабилизаторов), белков, минеральных элементов, повышенное содержание сухих веществ и условия хранения способствуют сохранению жизнеспособности этих полезных для здоровья микроорганизмов [3, 5]. Согласно определению ФАО/ВОЗ пробиотики – живые микроорганизмы, которые при введении в достаточных количествах (10^6–10^7 клеток в г/см^3 продукта) приносят пользу здоровью хозяина. Пробиотики поддерживают баланс нормальной микрофлоры кишечника, вырабатывают бактериоцины, органические кислоты и витамины, обладают антагонистической активностью в отношении патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, повышают иммунологическую реактивность организма. Благодаря этому микроорганизмы-пробиотики оказывают положительный эффект при различных заболеваниях желудочно-кишечного тракта и печени, диабете второго типа, повышенном давлении, лактозной непереносимости, атопическом дерматите, ожирении и других проблемах со здоровьем [2, 4, 6, 7].

Традиционно технология мороженого включает приемку и оценку качества сырья, приготовление смеси, ее пастеризацию, гомогенизацию и созревание, фризерование (замораживание и взбивание), фасовку и закалку. Заквасочные, в т.ч. пробиотические культуры могут быть добавлены в виде бактериального концентрата в смесь перед фризерованием, а также путем ферментации (сквашивания) всей смеси или только ее молочной части. В процессе ферментации важно контролировать изменение pH, т.к. пробиотические культуры чувствительны к низкому уровню этого показателя. На выживаемость пробиотиков в мороженом также влияют его состав, особенно углеводный и белковый компоненты, и присутствие кислорода [3–5].

Особое внимание уделяется органолептическим показателям новых видов мороженого. По мнению авторов работы [8] пробиотическое мороженое является замороженным молочным десертом с функциональными свойствами и особыми сенсорными характеристиками, обусловленными сочетанием вкуса и аромата ферментированного молока с текстурой мороженого. На основе изучения влияния различных факторов (вида и концентрации гидроколлоидов, содержания йогурта и молочного жира) на консистенцию и вкус пробиотического мороженого были выделены десять сенсорных характеристик, разработаны

рекомендации по составу и модели для количественной оценки приемлемости такого продукта для потребителей [8].

Виды и штаммы микроорганизмов, применяющихся в производстве кисломолочных продуктов, существенно влияют на их функциональные и органолептические свойства. Наиболее распространенными пробиотиками являются молочнокислые бактерии родов *Lactobacillus, Streptococcus, Leuconostoc* и бифидобактерии (*Bifidobacterium*), но также используются бактерии родов *Enterococcus, Pediococcus, Bacillus, Escherichia* и дрожжи *Saccharomyces*. Штаммы, используемые для получения пробиотических продуктов, принадлежат к видам *Lactobacillus rhamnosus, L. johnsonii, L. gasseri, L. crispatus, L. casei, L. paracasei,, L. acidophilus, L. reuteri, L.plantarum, L. delbrueckii subsp. bulgaricus, L. brevis, L. fermentum, Bifidobacterium lactis, B. bifidum, B. infantis, B. breve, B. animalis, B. adolescentis* [1-7]. К широко применяемым и активным пробиотикам относятся штаммы вида *Lactobacillus acidophilus*.

Lactobacillus acidophilus (в переводе с латинского – молочная палочка кислотолюбивая) – вид микроорганизмов, известных как ацидофильные палочки, давно применяемых и хорошо изученных представителей молочнокислых бактерий (LAB – lactic acid bacteria). Основным признаком LAB является способность ферментировать углеводы в анаэробных условиях с образованием молочной кислоты в качестве основного продукта метаболизма. Молочнокислые микроорганизмы широко распространены в природе, наиболее часто они обнаруживаются на растениях, но также участвуют в формировании микробиомов животных. LAB веками используются человеком при получении кисломолочных продуктов, квашеных (ферментированных) овощей, силоса, хлебобулочных изделий, но могут быть и причиной порчи пищевых продуктов. Благодаря многолетнему опыту использования в молочной и других отраслях пищевой промышленности применяемые виды молочнокислых бактерий имеют международный GRAS-статус (Generally Recognized as Safe – в целом признаны безопасными) [1, 6, 7].

L. acidophilus принадлежит к роду *Lactobacillus,* который в настоящее время насчитывает 224 вида бактерий [10]. Все микроорганизмы этого рода являются грамположительными неспорообразующими палочками, по отношению к кислороду проявляющими себя как факультативные анаэробы или микроаэрофилы. *L. acidophilus* относится к группе облигатных гомоферментативных лактобацилл, отличающихся высокой кислотообразующей способностью и повышенными оптимальными температурами роста [6, 11].

По морфологии бактерии рода *L. acidophilus* представляют собой палочки длиной 2–10 мкм, иногда образующие цепочки. Оптимальная температура роста этих микроорганизмов находится в пределах (37–42) °С, а оптимум pH – в пределах 5,5–6,0, рост прекращается при температуре выше 45 °С и pH ниже 4,0. Изученные штаммы *L. acidophilus* способны ферментировать глюкозу, фруктозу, галактозу, лактозу, сахарозу, мальтозу, целлобиозу; обладают слабой протеолитической активностью, не разлагают белки молока и мяса и не образуют индол и сероводород; не вырабатывают липаз, лецитиназ и уреаз [12, 13].

Геном *L. acidophilus NCFM*, один из первых расшифрованных геномов лактобацилл, содержит 1 993 564 пар нуклеотидов и имеет более низкое среднее содержание гуанина и цитозина (35 %) по сравнению с другими членами филогенетической подгруппы *L. acidophilus* [6]. Отмечено отсутствие данных о бактериофагах, способных заражать штаммы *L. acidophilus* [11].

Бактерии вида *L. acidophilus* являются ауксотрофными для 14 аминокислот и не способны синтезировать некоторые витамины, включая рибофлавин, витамин B_6, никотинамид, биотин и фолат [12]. Следствием этого является необходимость использования обогащенных питательных сред для культивирования и количественного учета этих микроорганизмов, например, MRS (de Man, Rogosa и Sharpe) агара. На плотных средах *L. acidophilus* образуют два основных морфотипа колонии - шероховатые и гладкие, причем на вид колонии влияют антибиотики и желчь [14, 15].

Впервые выделенные из фекалий младенцев в 1900 году Моро, бактерии *L. acidophilus* были позже обнаружены в ротовой полости, толстом кишечнике взрослых людей и

вагинальной микрофлоре. В настоящее время штаммы этого вида широко используются в качестве пробиотиков. Положительные эффекты пробиотических штаммов *L. acidophilus* были изучены и подтверждены как in vitro (устойчивость к желчи и низким значениям pH, способность вырабатывать антимикробные вещества и прикрепляться к клеткам кишечника человека, высокая активность лактазы, стабильность в продуктах), так и in vivo (влияние на иммунитет, снижение холестерина в сыворотке крови, улучшение метаболизма лактозы, профилактика или лечение инфекций, в том числе вирусных) [11]. Благодаря этому пробиотики *L. acidophilus* могут быть использованы при лечении синдрома раздраженного кишечника, диареи различной этиологии, бактериальных вагинозов, инфекций мочевыводящих путей и как противогрибковое средство [6].

Важным фактором пробиотического действия *L. acidophilus* является способность продуцировать бактериоцины класса II а, которые отличаются по молекулярному весу и спектру антимикробной активности. К наиболее изученным относятся лактацины и ацидоцины, ингибирующие синтез клеточной стенки и процессы проницаемости мембран. Бактериоцины *L. acidophilus* отличаются термостабильностью, способностью сохранять активность в широком диапазоне pH, подавлять патогенные микроорганизмы и возбудителей порчи пищевых продуктов питания, благодаря чему считаются перспективными биоконсервантами [16, 17].

К промышленно используемым за рубежом пробиотическим штаммам *L. acidophilus* относятся LA-1 и LA-5 (Chr. Hansen), NCFM и La-14 (Danisco), DDS-1 (Nebraska Cultures) и SBT-2026 (Snow Brand Milk Products) [13, 18]. В России «Лактобактерии ацидофильные (*L. acidophilus)*» зарегистрированы как лекарственное средство, нормализующее микрофлору кишечника [19]. Фармацевтическое действие Ацилакта (штаммы *L. acidophilus* 100Н, NK11, К3Ш24), Лактобактерина, Лактонорма и других препаратов основано на том, что живые лактобактерии «обладают антагонистической активностью в отношении широкого спектра патогенных и условно-патогенных бактерий (включая стафилококки, протей, энтеропатогенную кишечную палочку), нормализуют пищеварительную деятельность ЖКТ, улучшают обменные процессы, способствуют восстановлению естественного иммунитета» [19]. Препараты могут назначаться при дисбактериозах желудочно-кишечного и урогенитального трактов различной этиологии, заболеваниях полости рта [19].

L. acidophilus давно используется в молочной промышленности разных стран в качестве заквасочной (стартерной) культуры. Ее применяют в производстве ферментированного и неферментированного ацидофильного молока с разным содержанием сухого вещества и жира, йогуртов с фруктовыми наполнителями и без них. Чаще всего *L. acidophilus* используется в комбинации с другими стартерными культурами - *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus, Lactococcus lactis, Leuconostoc cremoris, Bifidobacterium spp.* и др. [1, 13, 20].

В нашей стране кисломолочные продукты с ацидофильной палочкой традиционно были выделены в отдельную группу, которая включала ацидофилин, ацидофильное молоко, ацидофильно-дрожжевое молоко, ацидофильную простоквашу и ацидофильную пасту, детские ацидофильные смеси «Малютка» и «Малыш» [21]. В последние годы проведены исследования антагонистической активности *L. acidophilus* [22], разработан ряд новых молочных продуктов, содержащих эти микроорганизмы – творожная паста [23], кисломолочные напитки, обогащенные сывороточными белками [24], мороженое [25].

Актуальность работ в области исследования свойств и применения *L. acidophilus* подтверждается статистикой публикационной активности в системе PubMed [26]. Среди работ, выполненных в 2017 – 18 гг, можно выделить исследования, направленные на оценку влияния микрокапсулирования и условий хранения на выживаемость *L. acidophilus* после распылительной сушки [27]; изучение влияния ягодных добавок (шелковицы, винограда, вишни) [28] и муки сладкого каштана [29] на развитие *L. acidophilus* в ферментированном молоке и его свойства; клиническую апробацию пробиотиков с *L. acidophilus* при лечении людей с воспалительными заболеваниями кишечника, печеночными, иммунологическими, метаболическими и гинекологическими расстройствами [30] и ожирением [31]; протеомный анализ адгезионной активности штамма *L. acidophilus* ATCC 4356 при pH кишечника [32];

изучение метаболомики ингибирования роста кишечной палочки, вызванного ферментированным *L. acidophilus* экстрактом черного чая [33].

Таким образом, бактерии *L. acidophilus* относятся к давно и широко применяющимся молочнокислым микроорганизмам с хорошо изученными свойствами. Это позволяет широко использовать их в качестве пробиотиков в производстве функциональных пищевых продуктов, в т.ч. мороженого.

Список литературы

1. Lactic Acid Bacteria and Bifidobacteria with potential to design natural biofunctional health-promoting dairy foods / D. M. Linares [et al.] // Frontiers in Microbiology. – 2017. – Vol. 8. DOI: 10.3389/fmicb.2017.00846.

2. Probiotic dairy products as functional foods / D. Granato, G. F. Branco, A. G. Cruz, J.A.F. Faria, N. P. Shah // Food Science and Food Safety. – 2010. – Vol. 9. – No. 5. – P. 455–470.

3. Ice cream as a probiotic food carrier / A. G. Cruz, A.E.C. Antunes, A.L.O.P. Sousa, J.A.F. Faria, S.M.I. Saad // Food Research International. – 2009. – Vol. 42. – P. 1233–1239.

4. Functional dairy probiotic food development: trends, concepts, and products / A. Homayouni, M. Alizadeh, H. Alikhah, V. Zijah // Immunology and Microbiology, Probiotics. – 2012. – P. 978–953. DOI: 10.5772/48797.

5. Soukoulis, C. Ice Cream as a vehicle for incorporating health-promoting ingredients: conceptualization and overview of quality and storage stability / C. Soukoulis, I. D. Fisk, T. Bohn // Food Science and Food Safety. – 2014. – Vol. 13. – P. 627–655. DOI:10.1111/1541-4337.12083.

6. Fijan, S. Microorganisms with claimed probiotic properties: an overview of recent literature / S. Fijan // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2014. – Vol. 11. – No. 5. – P. 4745–4767. DOI: 10.3390/ijerph110504745.

7. Some current applications, limitations and future perspectives of lactic acid bacteria as probiotics / S. E. Evivie, G. C. Huo, J. O. Igene, X. Bian // Food & Nutritional Research. – 2017. – Vol. 61. – No. 1. DOI: 10.1080/16546628.2017.1318034.

8. Soukoulis, C. Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content / C. Soukoulis, E. Lyroni, C. Tzia // LWT-Food Science and Technology. – 2010. – Vol. 3. – No. 9. – P. 1351–1358. DOI: 10.1016/j.lwt.2010.05.006.

9. Hammes W. P. and Hertel C. The genera Lactobacillus and Carnobacterium / In: Dworkin, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K.-H., Stackebrandt, E. (Eds.), third ed. The Prokaryote. New York: Springer, 2006, vol. 4, pp. 320–403.

10. The List of Prokaryotic Names with Standing in Nomenclature. Режим доступа: http://www.bacterio.net (дата обращения 2.02.2018).

11. The life history of *Lactobacillus acidophilus* as a probiotic: a tale of revisionary taxonomy, misidentification and commercial success / M. Bull, S. Plummer, J. Marchesi, E. Mahenthiralingam // FEMS Microbiol. Letters. – 2013. – Vol. 349. – No. 2. – P. 77–87. DOI: 10.1111/1574-6968.12293.

12. Altermann, E. Complete genome sequence of the probiotic lactic acid bacterium *Lactobacillus acidophilus* NCFM / E. Altermann, W. M. Russell, M. A. Azcarate-Peril // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2005. – Vol. 102. –No. 11. – P. 3906–3912. DOI: 10.1073/pnas.0409188102.

13. Shah, N. P. Functional cultures and health benefits / N. P. Shah // International Dairy Journal. – 2007. – Vol. 17. – No. 11. – P. 1262–1277. DOI:10.1016/j.idairyj.2007.01.014.

14. Assessment of bile salt effects on s-layer production, slp gene expression and some physicochemical properties of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 / M. Khaleghi, R. K. Kermanshahi, M. M. Yaghoobi, S. H. Zarkesh-Esfahani, A. Baghizadeh // Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2010. – Vol. 20. – No. 4. – P. 749–756.

15. Khaleghi, M. Effects of penicillin G on morphology and certain physiological parameters of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 / M. Khaleghi, R. Kasra Kermanshahi, S. H. Zarkesh-Esfahani // Journal of microbiology and biotechnology. – 2011. – Vol. 21. – P. 822–829.

16. Antimicobial activity- the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria / J. Suskovic [et al.] // Food Technology and Biotechnology. – 2010. – Vol. 48. – No. 3. – P. 296–307.

17. *Lactobacillus acidophilus*: characterization of the species and application in food production / N. Anjum [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition. – 2014. – Vol. 54. – No. 9. – P. 1241–1251. DOI: 10.1080/10408398.2011.621169.

18. Sanders, M. E. Invited review: the scientific basis of *Lactobacillus acidophilus* NCFM functionality as a probiotic / M. E. Sanders, T. R. Klaenhammer // Journal of Dairy Science. – 2001. – Vol. 84. – No. 2. – P. 319–331.

19. Регистр лекарственных средств России. Лактобактерии ацидофильные (*Lactobacillus acidophilus*) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rlsnet.ru/mnn_index_id_3502.htm (дата обращения 03.02.2018).

20. Kneifel, W. Acidophilus milk, in Encyclopedia of food sciences and nutrition, 2nd ed. / W. Kneifel, C. Bonaparte. – San Diego: Academic Press, 2003. – P. 3–7.

21. Банникова, Л. А. Микробиологические основы молочного производства: справочник / Л. А. Банникова, Н. С. Королева, В. Ф. Семенихина. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 272–277.

22. Полянская, И. С. Антагонистическая активность пробиотических штаммов: факторы регулирования / И. С. Полянская, Л. Г. Стоянова, В. Ф. Семенихина // Молочная промышленность. – 2017. – № 1. – С. 42–44.

23. Грунская, В. А. Творожные продукты, обогащенные пробиотической микрофлорой / В. А. Грудинская, Д. А. Конева // Молочная промышленность. – 2017. – № 8. – С. 41–43.

24. Донская, Г. А Напитки кисломолочные, обогащенные сывороточными белками / Г. А. Донская, В. М. Дрожжин, В. В. Морозова // Молочная промышленность. – 2017. – № 6. – С. 68–70.

25. Ахмедова, В. Р. Научное обоснование способа получения кисломолочного мороженого с пребиотическими компонентами / В. Р. Ахмедова, С. А. Рябцева, Г. С. Анисимов // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 4. – С.5–11.

26. *Lactobacillus acidophilus* // Официальный портал национальной медицинской библиотеки США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=lactobacillus+acidophilus (дата обращения 15.02.2018).

27. Effect of type of protein-based microcapsules and storage at various ambient temperatures on the survival and heat tolerance of spray dried *Lactobacillus acidophilus* / D. Dianawati, S. F. Lim, Y. B. Ooi, N. P. Shah // Food science. – 2017. – Vol. 82. – No. 9. – P. 2134–2141. DOI: 10.1111/1750-3841.13820.

28. Barat, A. Growth of probiotic bacteria and characteristics of fermented milk containing fruit matrices / A. Barat, T. Ozcan // Dairy Technology. – 2017. DOI:10.1111/1471-0307.12391.

29. Antioxidant properties of probiotic fermented milk supplemented with chestnut flour (*Castanea sativa Mill*) / T. Ozcan, L. Yilmaz-Ersan, A. Akpinar-Bayizit, B. Delikanli // Food Processing Preservation. – 2017. – Vol. 41. – No. 5. DOI: 10.1111/jfpp.13156.

30. Neish, A. S. Probiotics of the Acidophilus group: Lactobacillus acidophilus, delbrueckii subsp. bulgaricus and johnsonii / A. S. Neish // The Microbiota in Gastrointestinal Pathophysiology. – 2017. – P. 71–78. DOI: 10.1016/B978-0-12-804024-9.00006-9.

31. Effect of Lactobacillus on body weight and body fat in overweight subjects: a systematic review of randomized controlled clinical trials / L. Crovesy, M. Ostrowski, D.M.T.P. Ferreira, E. L. Rosado, M. Soares-Mota // Obesity reviews. – 2017. – Vol. 41. – No. 11. – P. 1607–1614. DOI: 10.1038/ijo.2017.161.

32. Proteomics analysis of the adhesion activity of *Lactobacillus acidophilus* ATCC 4356 upon growth in an intestine-like pH environment / Z. Wu [et al.] // Proteomics. – 2018. DOI: 10.1002/pmic.201700308.

33. Yang, K. Metabolomics study reveals enhanced inhibition and metabolic dysregulation in *Escherichia coli* induced by Lactobacillus acidophilus-fermented black tea extract / K. Yang, M. L. Duley, J. Zhu // Agricultural and Food Chemistry. – 2018. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04752.

УДК 667.621.428

АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ЖИРОВ СВОБОДНЫХ ОТ ТРАНС-ИЗОМЕРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

Л. В. Терещук*, О. А. Ивашина**
*Кемеровский государственный университет, Россия, г. Кемерово
**АО «Евразиан Фудс», г. Караганда, Республика Казахстан

В настоящее время основной тенденцией в области производства продуктов переработки растительных масел и жиров является максимально возможное снижение содержания в них количества трансизомеров жирных кислот, которое регламентируется техническим регламентом ТР ТС 024/2011 и должно составлять не более 2 % от содержания жира. К этим продуктам относятся: переэтерифицированные и гидрогенизированные жиры в рафинированном дезодорированном виде; маргарины; растительно-сливочные и растительно-жировые спреды; топленые растительно-сливочные и растительно-жировые смеси; эквиваленты, улучшители, заменители масла какао как лауринового, так и нелауринового типа, а также жиры специального назначения, в том числе кондитерские, кулинарные, хлебопекарные; заменители молочного жира.

Значительная часть этих продуктов может использоваться для непосредственного употребления в пищу, а также как компоненты в производстве разнообразных пищевых продуктов, включая хлебобулочные, кондитерские, молокосодержащие продукты, продукцию общественного питания.

В природных жидких и твердых растительных маслах, как правило, не встречаются трансизомеры жирных кислот. Переход пространственной конфигурации жирных кислот из цис- в транс-формы осуществляется в результате действия таких факторов, как высокая температура и действие катализаторов. Как правило, это происходит в процессе гидрогенизации и других методов модификации. Под действием названных факторов, модифицированные растительные масла и жиры накапливают значительные количества трансизомеризованных жирных кислот [6, 7].

В связи с этим, большинство авторов считают, что гидрогенизированные жиры отличаются меньшей пищевой ценностью и биологической эффективностью, чем природные растительные масла. Так, при гидрировании происходит процесс цис-транс-изомеризации ненасыщенных жирных кислот, в результате чего линолевая и линоленовая жирные кислоты теряют физиологическую активность. Так, если транс-цис или цис-транс формы линолевой кислоты имеют пониженную биологическую активность, то транс-транс формы линолевой кислоты теряют ее полностью и не превращаются в жизненно важную арахидоновую кислоту, что нарушает структуру клеточных мембран и синтез простагландинов.

Таким образом, трансизомеры жирных кислот не обладают теми биологическими эффектами, которые оказывают цис-формы ненасыщенных жирных кислот на организм человека.

Вариантами получения жировых продуктов с пониженным содержанием трансизомеров, но при этом имеющих приемлемые профили кривых плавления, являются

- смешивание;
- переэтерификация;
- фракционирование.

В продуктах, полученных при смешивании жидких растительных масел со стеариновыми фракциями пальмового масла или хлопкового пальмитина возможно полное отсутствие трансизомеров жирных кислот [2]. При этом их устойчивость к окислению кислородом ограничена, в связи с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот, содержащихся в жидких растительных маслах. Смеси пальмового масла и его фракций с жидкими растительными маслами и твердыми модифицированными жирами по технологическим свойствам могут полностью удовлетворять требованиям, предъявляемым к

хлебопекарным жирам, в том числе иметь оптимальную кривую плавления и достаточную окислительную стабильность. Смеси масел и жиров лауринового типа с жидкими растительными маслами или твердыми модифицированными жирами, как правило, имеют крутой наклон кривой плавления с очевидно выраженной температурой плавления, что обеспечивает требуемую легкоплавкость и пластичность, важные свойства при изготовлении молокосодержащих, кондитерских и других продуктов [3].

Другим вариантом получения жиров, свободных от трансизомеров является переэтерификация масел и жиров, представляющая собой процесс, в результате которого происходит перераспределение жирных кислот как внутри молекулы жира одного вида, так и между молекулами триглицеридов смесей разных масел и жиров в присутствии химического катализатора или фермента. Переэтерификация триглицеридов на химических катализаторах происходит только в жидкой жировой фазе и затрагивает все три сложноэфирных связи в молекулах. Процесс переэтерификации триглицеридов на ферментах протекает на границе раздела жировой и водной фаз. При использовании липаз, обладающих позиционной специфичностью, перераспределение жирных кислот происходит только в крайних положениях триглицеридов. Липазы, не обладающие позиционной специфичностью, вызывают перераспределение жирных кислот во всех трех положениях триглицеридов [1].

Кроме этого, проблема уменьшения содержания транс-изомеров жирных кислот может быть решена за счет более широкого использования пальмового масла и продуктов, полученных при его фракционировании. Из-за высокого содержания твердой фракции, пальмовое масло имеет твердую консистенцию, позволяющую использовать его в нативном виде при производстве широкого ассортимента пищевых продуктов без увеличения количества в них транс-изомеризованных жирных кислот.

В настоящее время страны – производители пальмового масла экспортируют рафинированное пальмовое масло и его фракции. Жидкую фракцию в промышленной практике называют пальмовым олеином, а твердую – пальмовым стеарином. Физико-химические характеристики и состав фракций зависит от выбранных методов фракционирования. Структурно-механические свойства пальмового масла и получаемых из него фракций позволяют полностью или частично заменить гидрированные жиры, содержание транс-изомеров в которых достигает 60 %. Пальмовый олеин находит широкое применение в качестве полутвердого компонента жировой фазы маргариновой продукции как высокостабильный к окислению компонент. Стеариновая фракция пальмового масла может применяться в качестве компонента жировой фазы жиров специального назначения, в том числе кулинарных. Пальмовый стеарин может являться рецептурным компонентом маргаринов для слоеного теста. При модификации пальмового масла методом двойного фракционирования получается средняя фракция, которая является компонентом заменителей масла какао, широко применяемых в кондитерской промышленности. [1]

В таблице 1 представлены результаты исследования жирнокислотного состава пальмового масла.

Своеобразный жирнокислотный и триглицеридный состав пальмового масла обеспечивает достаточно высокую температуру плавления в диапазоне от 36 до 39 ^{0}С и, при этом, малую твердость (80 - 90 г/см), а также способность к фракционированию с выделением высокоплавкой фракции при хранении в обычных температурных режимах.

Вместе с тем, пальмовое масло характеризуется замедленной кристаллизацией при охлаждении. Изменение содержания твердой фазы при медленном нагревании отражает характерную для триглицеридов пальмового масла способность к полиморфизму и рекристаллизации. Кристаллизация пальмового масла в смеси с небольшим количеством жидкого растительного масла не приводит к возникновению достаточно стабильной поликристаллической структуры в β и β'-формах и триглицериды с низкой температурой плавления достаточно быстро выделяются в виде жидкой фазы.

Таблица 1 – Жирнокислотный состав пальмового масла

Наименование жирной кислоты		Содержание, %
C12:0	Лауриновая	0,1-0,4
C14:0	Миристиновая	0,5-2,0
C16:0	Пальмитиновая	39,0-46,8
C16:1	Пальмитолеиновая	Не более 0,6
C18:0	Стеариновая	3,5-6,0
C18:1	Олеиновая	36,7-43,0
C18:1 trans	Олеиновая	Не более 1
C18:2	Линолевая	6.5-12.0
C18:3	Линоленовая	Не более 0,5
C20:0	Арахиновая	Не более 1,0

Присутствие значительного количества симметричных динасыщенных-мононенасыщенных триглицеридов, в частности дипальмитоолеина, объясняет способность пальмового масла и его смесей с другими маслами к кристаллизации в различном полиморфном состоянии. Практически равное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в его жирнокислотном составе обуславливает его полутвердую консистенцию и температуру плавления. Насыщенные кислоты в среднем на 90 % представлены пальмитиновой кислотой ($C_{16:0}$), а ненасыщенные – на 80 % олеиновой кислотой ($C_{18:1}$).

Тринасыщенные глицериды пальмового масла представлены, преимущественно, трипальмитином (ППП), который расплавляется в интервале температур от 55 до 68 ^{o}C. Динасыщенные триглицериды состоят, главным образом, из симметричного олеодипальмитина (ПОП) и плавятся при температуре 35-37 °C. Высокое содержание симметричных олеодинасыщенных триглицеридов в пальмовом масле позволяет получать высококачественные твердые фракции для производства заменителей масла какао.

Конечные цели применения фракций пальмового масла (эквиваленты масла какао, компоненты жировых основ маргариновой продукции и др.) определяют способы подготовки исходного сырья, режимы фракционирования и их кратность. В зависимости от назначения конечных продуктов, возможно проведение однократного, двукратного и трехкратного фракционирования. Схема фракционирование пальмового масла представлена на рисунке 1.

Пальмовое масло **Олеин + Стеарин**

Суперолеин **Мягкая средняя фракция**

Твердая средняя фракция **Средний олеин**

Рисунок 1 – Схема фракционирования пальмового масла

На первом этапе пальмовое масло, нагретое до 70 ^{o}C, медленно охлаждают до 22 °C и после выдержки в течение определенного времени разделяют фильтрованием на олеиновую и стеариновую фракции. В стеарине концентрируются преимущественно тринасыщенные триглицериды. Характеристика пальмового масла и его отдельных фракций приведена в табл. 2.

Таблица 2 – Общая характеристика фракций пальмового масла

Показатель	Фракции						
	ПМ	ПО	ПС	СО	МСФ	СрО	ТСФ
Йодное число, г I_2/100 г	52,1	56,9	32,4	65,5	45,7	57,2	35,7
Т плавления, °С	40,2	24,6	56,7		30,9	17,8	33,8
Выход фракций, %	100	80,4	19,6	45,5	34,9	16,2	18,7
Содержание ТТГ, %:							
25 °С	19,3	2,1	70,9	0	21,6	0	50,9
30 °С	10,4	0	59,9	0	1,6	0	16,2
35 °С	5,2	0	50,2	0	0	0	2,4
40 °С	1,1	0	40,6	0	0	0	0

Примечание. ПМ – пальмовое масло, ПО – олеин, ПС – стеарин, СО – суперолеин, МСФ – мягкая средняя фракция, СрО – средний олеин, ТСФ – твердая средняя фракция.

Таким образом, при первом фракционировании получается значительное количество пальмового олеина (выход до 80 %), который на следующем этапе подвергают повторному фракционированию, в результате чего получают фракцию «супер-олеин» и «мягкую среднюю фракцию» пальмового масла примерно в равных количествах.

Далее полученную среднюю фракцию повторно фракционируют, с целью отделения диолеонасыщенных триглицеридов, и получения, так называемой «твердой средней фракции» пальмового масла, содержащей большое количество симметричного диолеопальмитина, что приближает эту фракцию по температуре плавления и твердости к маслу какао. Полученный на этой стадии продукт является основным компонентом «эквивалентов» масла какао.

Как видно из представленных данных продукты фракционирования пальмового масла значительно отличаются по содержанию твердых триглицеридов. Следует отметить, что чем больше содержание в жире твердой высокоплавкой фракции, тем выше его твердость. Так, пальмовое масло и пальмовый стеарин, имеющие твердость 87 и 447 г/см соответственно.

В качестве примера в таблице 3 представлены жировые основы, разработанные для сливочно-растительных спредов, содержащие пальмовое масло и одну из его фракций.

Таблица 3 – Жировые композиции из молочного жира и растительных масел

Компоненты жировой фазы	Массовая доля компонентов, %	Температура плавления, °С	Твердость, г/см	Жирнокислотный состав, %		
				НЖК	МНЖК	ПНЖК
Композиции из молочно-растительного сырья						
Молочный жир Пальмовое масло Подсолнечное масло	50 30 20	30,0	69	56,5	27,9	15,6
Молочный жир Пальмовый олеин (МСФ) Подсолнечное масло	50 30 20	28,0	50	53,9	39,2	6,9

Представленные в таблице данные свидетельствуют о влиянии структурно-реологических показателей пальмового масла и мягкой средней фракции (МСФ) пальмового олеина на технологические характеристики жировых основ. Внесение в рецептуру мягкой средней фракции пальмового олеина, обеспечивает более пластичную консистенцию продукта и твердость 50 г/см, а использование в рецептуре пальмового масла способствует получению более твердой жировой фазы спреда. Варьирование доли той или иной фракции пальмового масла позволяет получать продукт заданного состава и свойств.

Таким образом, использование пальмового масла и продуктов, полученных при его фракционировании выгодно использовать при изготовлении твердых жиров для различного целевого назначения с регламентированным содержанием трансизомеров жирных кислот.

Увеличение объемов использования пальмового масла в рецептурах масложировых продуктов позволит решить и такую важную задачу, как обеспечение в составе жировой фазы сбалансированного соотношения жирных кислот триглицеридов путем снижения содержания стеариновой кислоты и повышения доли линолевой, линоленовой за счет увеличения ввода таких масел, как соевое, рапсовое и подсолнечное.

Список литературы

1. Переэтерификация как альтернативный способ модификации жиров, свободных от трансизомеров / О. А. Ивашина, Л. В. Терещук, К. В. Старовойтова, М. А. Тарлюн // Техника и технология пищевых производств. − 2015. − Т.38. − № 3. − С. 18−23.

2. Мажидова, Н. К. Получение твердых жиров с минимальным содержанием трансизомеризованных жирных кислот / Н. К. Мажидова // Масложировая промышленность. – 2016. – № 2. – С. 26–29.

3. Нилова, Л. П. Актуальные аспекты современной маркировки пищевых продуктов / Л. П. Нилова, С. М. Малютенкова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – № 5 (40). – С. 75–80.

4. Почицкая, И. М. Определение трансизомеров жирных кислот в масложировой продукции с использованием метода инфракрасной спектроскопии / И. М. Почицкая // Масложировая промышленность. – 2016. – № 5. – С. 28–33.

5. Терещук, Л. В. Продукты фракционирования пальмового масла в производстве спредов / Л. В. Терещук, А. С. Мамонтов, К. В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 79–83.

6. Терещук, Л. В. Теоретические и практические аспекты создания молочно-жировых продуктов: монография. / Л. В. Терещук, К. В. Старовойтова. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), – 2015. – 198 с.

7. Trans fatty acids and cholesterol levels: An evidence map of the available science / D. J. Liska, C. M. Cook, D. D. Wang, P. Courtney Gaine, D. J. Baer // Food and Chemical Toxicology. – 2016. – No. 98. – P. 269–281.

8. Trans-fatty acid content of food products in Spain in 2015 / N. Perez-Farinos, M. A. Saavedra, C. V. Villalba, T. R. de Dios // Gac Sanit. – 2016. – № 30(5). – P. 379–382.

9. Talal, A. O. Validation and application of a gas chromatographic method for determining fatty acids and trans fats in some bakery products / A. O. Talal, S. Jumat // Journal of Taibah University for Science. – 2013. – No. 7. – P. 56–63.

10. Fatty acid composition of Swedish bakery products, with emphasis on trans-fatty acids / S. Trattner, W. Becker, S. Wretling, V. Ohrvik, I. Mattisson // Food Chemistry. – 2015. – No. 175. – P. 423–430.

УДК 664.8.039.5:621.039.8

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Р. Т. Тимакова*, С. Л. Тихонов*, Н. В. Тихонова*, Б. У. Байхожаева**
*Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия
**Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева,
г. Астана, Республика Казахстан

Основными преимуществами при радиационной обработке пищевой продукции являются ингибирование прорастания клубней и луковиц, задержка созревания и старения фруктов и овощей, дезинфекция насекомых-вредителей, уничтожение микроорганизмов, вызывающих порчу пищевых продуктов, а также пищевых патогенов и паразитов [1].

Радиационные технологии применяются для упакованной и неупакованной пищевой продукции, в небольших объемах и большими партиями, при этом специалисты в области безопасности пищевых продуктов отмечают целесообразность облучения пищевых продуктов после их упаковки, чтобы предотвратить повторное загрязнение после облучения [2].

Согласно рекомендациям ВОЗ, потребление облученной пищи безопасно [3], но вместе с тем облучение может способствовать образованию свободных радикалов в пищевой продукции [4].

Несмотря на то, что во многих странах разрешено использовать облучение для свежих продуктов, эта технология используется недостаточно широко, хотя во всем мире происходит увеличение числа вспышек заболеваний, связанных с употреблением небезопасных продуктов, и экономические выгоды от продления сроков хранения и сокращения порчи продовольственного сырья существенны. Так, в США около 9 тыс. человек погибает, а 24 млн человек переносят заболевания, вызванные употреблением продуктов питания, контаминированных патогенной микрофлорой [5].

Сочетание обычной и радиационно-обработанной космической пищи позволяет добиваться безопасности и продления сроков годности, необходимых при длительных полетах в космос [6]. По прогнозу, рынок облученного продовольственного сырья и пищевых продуктов к 2020 г. может достигнуть 4,8 млрд долл., а к 2030 г. – до 10,9 млрд долл. При этом до 70 % центров по облучению продуктов питания расположены в США и Китае [7].

К источникам ионизирующего излучения, которые разрешены и используются для облучения пряностей сухих, трав и приправ овощных; продукции сельскохозяйственной свежей, мяса свежего и мороженого; полуфабрикатов из мяса упакованных (согласно ГОСТ 33271-2015 «Пряности сухие, травы и приправы овощные. Руководство по облучению в целях борьбы с патогенными и другими микроорганизмами», ГОСТ 33302-2015 «Продукция сельскохозяйственная свежая. Руководство по облучению в целях фитосанитарной обработки», ГОСТ 33820-2016 «Мясо свежее и мороженое. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов» (за исключением мяса птицы, конины и кроликов) и ГОСТ 33825-2016 «Полуфабрикаты из мяса упакованные. Руководство по облучению для уничтожения паразитов, патогенных и иных микроорганизмов») относятся:

– изотопные источники, испускающие гамма-лучи (радионуклиды ^{60}Co и ^{137}Cs);
– технические источники – рентгеновские установки и ускорители электронов.

Радиационная обработка предварительно упакованных или размещенных навалом в контейнерах продовольственного сырья и пищевых продуктов включает в себя контролируемое применение энергии от ионизирующих излучений радиоизотопов (^{60}Co и ^{137}Cs), рентгеновских лучей (<= 5 МэВ) и электронного пучка (<= 10 МэВ).

В нашей стране примерами источников γ-излучения на основе ^{60}Co являются следующие изотопные установки: ГУ-200М, АММАРИД, ИССЛЕДОВАТЕЛЬ, РХМ-гамма-20, Агат-С, которые применяются для стерилизации медицинских инструментов и материалов,

компонентов кремов для лица, для стимуляции роста и урожайности зерновых и овощных культур, для борьбы с вредителями, для обеззараживания и очистки промышленных стоков, а также для стерилизации пищевых продуктов [7, 8, 13–16].

Рентгеновские установки используются для контроля качества продукции (на наличие посторонних включений) и для стерилизации (уничтожение микроорганизмов). Рентгеновские лучи невидимы, так как они представляют собой вид электромагнитного излучения, как свет или радиоволны. Рентгеновский контроль также помогает контролировать целостность упаковки и самой продукции.

Электронно-лучевая и рентгеновская технологии используют электричество и поэтому относятся к интерактивным технологиям. Оборудование, которое генерирует электронные лучи и рентгеновские лучи, называют «линейными ускорителями». Существуют различные типы ускорителей в зависимости от энергии, возможных скоростей технологической линии, электрической эффективности: ускорители постоянного тока (Динаметрон – 5 МэВ), ускорители непрерывного действия (Родотрон – 7,5–10 МэВ) и импульсные ускорители (LINAC – 10 МэВ) [10].

В Центре радиационной стерилизации (ЦРС) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина установлен линейный ускоритель электронов модели УЭЛР-10-10С2 (Россия) с энергией до 10 МэВ, предназначенный для облучения продуктов питания и медицинских инструментов [11].

В сентябре 2017 г. в соответствии с Дорожной картой открыт первый в России центр обработки продуктов растительного и животного происхождения потоком ускоренных электронов ООО «Теклеор».

Известно, что обработка пищевой продукции ионизирующим излучением может привести к образованию свободных радикалов, что может усилить процессы окислительной порчи пищевых продуктов. Препятствуют развитию окислительной порчи антиоксиданты. Мясо косули отличается высоким содержанием антиоксидантов (карнозин, гомокарнозин и ансерин) [17–19].

В связи с этим целью исследований являлось определение влияние дозы облучения на содержание антиоксидантов в мясе косули. Объект исследования – образцы мяса косули промыслового убоя, облученного разными дозами от 1 до 10 кГр. Облучение продовольственного сырья проводили в Центре радиационной стерилизации УрФУ имени первого Президента России Б. Н. Ельцина линейным ускорителем электронов модели УЭЛР-10-10С2. Антиоксидантную активность определяли потенциометрическим методом.

В результате исследований установлено, что с увеличением дозы облучения с 1 кГр до 10 кГр концентрация антиоксидантов в образцах мяса косули снижается с (0,165±0,048) до (0,108±0,004) мМ-экв, или на 34,5 % с высокой степенью достоверности (до 0,99) (рис. 1). Возможно, это связано с тем, что антиоксиданты, взаимодействуя со свободными активными радикалами, образуют малоактивные радикалы, замедляя процессы окисления мяса.

Органолептические показатели мяса и жира косули после облучения дозами от 1 до 10 кГр не изменились (мясо плотное, упругое, темно-красного цвета; мышцы на разрезе слегка влажноватые, мясо не оставляет влажного пятна на фильтровальной бумаге; запах специфичный, чистый, свойственный свежему мясу; жир белого цвета, твердой консистенции), что, возможно, связано с низким содержанием жира и высокой антиоксидантной активностью мяса косули.

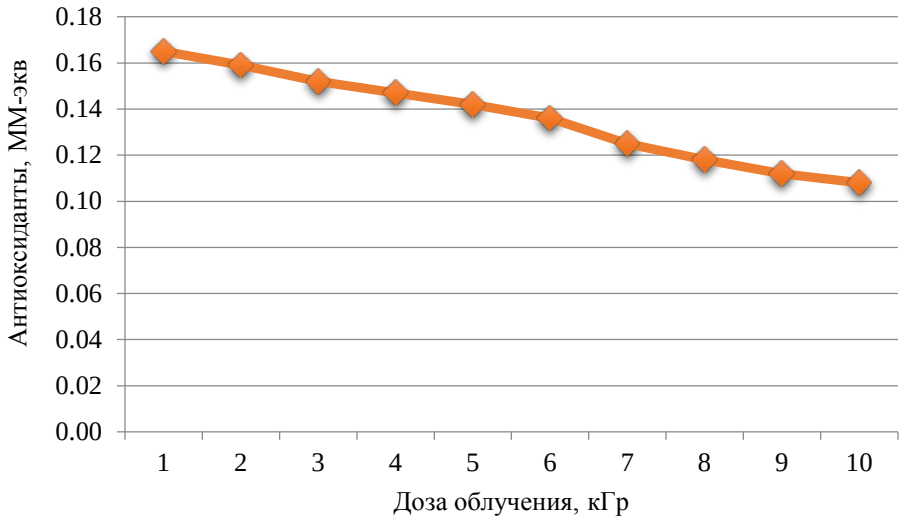


Рисунок 1 – Антиоксидантная активность мяса косули

Таким образом, несмотря на то, что на территории РФ официально разрешено облучать продовольственное сырье и пищевые продукты только с 2017 г., в России ранее активно разрабатывались и производились как экспериментальные (опытные), так и промышленные образцы облучательной техники, что позволяет в настоящее время делать выбор для более технологичных источников ионизирующего излучения – ускорителей электронов. Общеустановлена перспективность радиационных технологий для обеспечения микробиологической безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов. В результате проведенных исследований облученных линейным ускорителем электронов модели УЭЛР-10-10С2 образцов мяса косули установлено, что с увеличением дозы облучения с 1 до 10 кГр концентрация антиоксидантов в образцах мяса косули снижается с (0,165±0,048) до (0,108±0,004) мМ-экв, или на 34,5 % с высокой степенью достоверности (до 0,99). Полученные результаты согласуются с данными S. Gautam, J. Tripathi и позволяют предположить, что при облучении образуются свободные радикалы, а антиоксиданты связываются, образуя малоактивные комплексы.

Список литературы

1. Pillai, S. D. Electron beam processing of fresh produce – A critical review / S. D. Pillai, S. Shayanfar // Radiation physics and chemistry. – 2018. – Vol. 143. – P. 85–88.
2. Komolprasert, V. Packaging food for radiation processing / V. Komolprasert // Radiation physics and chemistry. – 2016. – Vol. 129. – P. 35–38.
3. Ehlermann, D. A. E. Wholesomeness of irradiated food / D. A. E. Ehlermann // Radiation physics and chemistry. – 2016. – Vol. 129. – P. 24–29.
4. Gautam, S. Food Processing by Irradiation – An effective technology for food safety and security / S. Gautam, J. Tripathi // Indian journal of experimental biology. – 2016. – Vol. 54, Is. 11. – P. 700–707.
5. Prakash, A. Particular applications of food irradiation fresh produce / A. Prakash // Radiation physics and chemistry. – 2016. – Vol. 129. – P. 50–52.
6. Bhatia, S. S. Benchmarking the minimum Electron Beam (eBeam) dose required for the sterilization of space foods / S. S. Bhatia [et al.] // Radiation physics and chemistry. – 2018. – Vol. 143. – P. 72–78.
7. Росатом. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.rosatom.ru.
8. Pillai, S. D. Electron Beam Technology and Other Irradiation Technology Applications in the Food Industry / S. D. Pillai, S. Shayanfar // Topics in Current Chemistry. – 2017. – Vol. 375, № 1. – P. 6.

9. Ansari, A. A. Radiation Threats and Your Safety: A Guide to Preparation and Response for Professionals and Community / A. A. Ansari. – Boca Raton ; London ; New York : CRC Press, 2010. – 344 p.

10. Brown, D. Integrating electron beam equipment into food processing facilities: strategies and design considerations / D. Brown // Electron Beam Pasteurization and Complementary Food Processing Technologies. – 2014. – P. 27–46.

11. Use of the method of electron paramagnetic resonance for determination of absorbed doses of ionizing radiation of different types of meat and fish raw materials/ R.T. Timakova [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5, № 2. – P. 162–169.

12. Теклеор. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www. tecleor.com.

13. Genç, İ. Y. Elimination of foodborne pathogens in seafoods by irradiation: Effects on quality and shelf-life / İ. Y. Genç, A. Diler // Journal of Food Science and Engineering. – 2013. – № 3. – P. 99–106.

14. Electron spin resonance (ESR) detection of irradiated fish containing bone (gilthead sea bream, cod, and swordfish) / A. E. Chiaravalle [et al.] // Veterinary Research Communications. – 2010. – № 34 (1). – P. 149–152.

15. Влияние различных доз ионизирующего облучения на органолептические показатели качества и спектр электропарамагнитного резонанса охлажденной рыбы / Р. Т. Тимакова [и др.] // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 5 (65). – С. 52–55.

16. Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion / ed. I. S. Arvanitoyannis. – New York : Academic Press, 2010. – 710 p.

17. Лумбунов, С. Г. Морфологический, химический состав и пищевая ценность мяса диких копытных животных (изюбрь, косуля) Бурятии / С. Г. Лумбунов, А. Б. Жамсаев, С. Б. Ешижамсоева // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова −2015. – № 4 (41). – С. 150–153.

18. Куциняк, И. Морфологический состав мяса самцов кабана, благородного оленя, косули и некоторых домашних животных / И. Куциняк // Stiinta Agricola −2014. – № 2. – С. 112–114.

19. Катаева, Д. Г. Химический состав мяса косули в Дагестане / Д. Г. Катаева // Актуальные вопросы АПК в современных условиях развития страны : сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2016. – С. 174–176.

УДК 637.5

ОБРАБОТКА ОХЛАЖДЕННОГО МЯСА ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ

С. Л. Тихонов*, Е. В. Самохвалова*, Н. В. Тихонова*, А. А. Муратов**
*Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Россия
**Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева,
г. Астана, Республика Казахстан

В настоящее время на территории Российской Федерации баротехнология мало изучена и не внедрена в промышленное производство продуктов питания. Однако в последнее время представители отечественных научно-исследовательских организаций в области пищевых технологий называют барообработку одним из перспективных научных направлений, что, безусловно, способствует его стремительному развитию. Основная область применения метода высоких давлений в мире сегодня – это атермическая консервация («холодная пастеризация», паскализация) продуктов питания, нацеленная на инактивацию микроорганизмов и ферментов обрабатываемой среды. Еще в 1990-х годах в Японии началась первая волна популярности джемов из клубники, киви и яблок, полученных с применением высокого гидростатического давления. В 1997 г. данную технологию применила компания Fresherized Foods – нынешний мировой лидер по производству гуакамоле (традиционной мексиканской закуски из мякоти авокадо), впервые запустив производство своей продукции в Северной Америке. К 2007 г. порядка 120 бароустановок были введены в эксплуатацию по всему миру для производства «новых» продуктов в промышленных масштабах. Более 80 % функционирующего на сегодняшний день оборудования собрано и выпущено после 2000 г., что свидетельствует о том, что это направление имеет тенденцию к ускоренному развитию и расширению области применения. В настоящее время лидирующие позиции в этом направлении производства занимают: Северная Америка (США, Канада, Мексика); Европа (Испания, Италия, Португалия, Франция, Великобритания, Германия); Азия (Япония, Китай, Северная Корея); Австралия [1].

Общее количество продуктов, обработанных высоким давлением, на мировом рынке неуклонно растет. Только за 2008 г. произведено и поставлено на рынок около 200 тыс. т такого рода продукции (около 450 млн фунтов в год)

Методом холодной консервации можно предотвратить микробиологическую порчу. В ходе многократных исследований доказано, что воздействие давлением в 600 МПа при 20 °С в течение 180 с на мясо и мясопродукты способно ликвидировать возбудителей листериоза (*Listeria monocytogenes*), а также инактивировать другие опасные для жизни человека микроорганизмы – кишечную палочку (*E. coli*), сальмонеллы (*Salmonella*), холерный вибрион (*Vibrio*), большинство видов плесневых грибов и патогенных бактерий [2].

Для дезактивации дрожжей необходимо приложить к продукту давление 300–400 МПа при 25 °С в течение нескольких минут, однако для уничтожения дрожжевых аскоспор требуется более высокое давление и более длительное воздействие [3]. Однако эффективность воздействия давлением зависит в большей степени от вида и сложности организации микроорганизмов, химического состава и pH обрабатываемой среды, а также от активности воды. Грамотрицательные бактерии более чувствительны к высокому давлению, нежели грамположительные. Баровоздействие вызывает деструкцию клеточных мембран и внутриклеточных протеинов, выполняющих важную роль в жизнедеятельности микроорганизмов, что ведет к деградации клеточных структур и разрушению клетки в целом. Смещение pH в кислую сторону и повышение давления оказывают синергический эффект [3].

В мясоперерабатывающей отрасли также используется технология обработки продовольственного сырья и пищевых продуктов высоким давлением. S. Jung и соавторы сообщают, что в мышечной ткани мяса, обработанной давлением 130–520 МПа в течение

4,3 мин, наблюдается задержка роста микроорганизмов на неделю. Жесткость мышечной ткани говядины увеличивается с увеличением давления от 200 до 800 МПа (при постоянной температуре от 20 до 40 °С), но значительно снижается при применении давления 200 МПа (при температуре 60 и 70 °С) [1]. После воздействия высоким давлением (300–700 МПа) в течение 20 мин наблюдаются значительные изменения органолептических свойств мяса. Кроме того, зафиксированы модификации в микроскопическом строении миофибрилл мышечной ткани крупного рогатого скота и баранины [3, 4].

Но вместе с тем в области обработки мяса высоким давлением остается еще много нерешенных вопросов, в частности не определены рациональные режимы обработки с целью увеличения срока годности мясного сырья при наименьшей потере биологической ценности.

Особенно актуально применение современных методов увеличения срока годности мяса с нехарактерным автолизом, например для мяса с DFD-свойствами. Такое мясо в силу высокой водосвязывающей способности и величины pH более 6,4 неустойчиво к хранению [5].

В связи с этим целью исследований является определение рациональных режимов обработки охлажденного мяса с DFD- свойствами для увеличения его срока годности.

Для эксперимента сформировали две группы (контрольная и опытная) образцов говядины массой 500 г из лопаточной части туши говядины через 48 часов после убоя крупного рогатого скота. Мясо хранилось при температуре +4 °С. Опытные образцы подвергали воздействию давлением 800 МПа в течение 5 минут с помощью экспериментальной установки – гидростат со следующими техническими характеристиками: рабочее давление – 800–1000 МПа; максимальное давление – 1200 МПа, время выхода на режим – 2–3 мин, рабочая жидкость – смесь индустриального масла и глицерина. Перед обработкой мясо помещали в вакуумно-пленочную герметичную упаковку. Контрольные образцы мяса давлением не обрабатывали.

Исследования проводили по общепринятым методикам, в частности органолептические показатели определяли по ГОСТ 7269-79 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести». Микробиологические показатели – по ГОСТ Р 54354-2011 «Мясо и мясные продукты. Общие требования и методы микробиологического анализа», ГОСТ 31747-2012 (ISO 4831:2006, ISO 4832:2006) «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)». Перекисное число – по ГОСТ Р 51487-99 «Масла растительные и жиры животные. Метод определения перекисного числа».

Антиоксидантную активность мяса определяли потенциометрическим методом. Источником информации об антиоксидантной активности служил сдвиг потенциала Pt электрода, изготовленного методом трафаретной печати, в медиаторной системе $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$, наблюдавшийся при введении антиоксидантов (пробы) в раствор. Этот сдвиг является следствием изменения соотношения окисленной и восстановленной форм компонентов медиаторной системы в результате реакции:

$$Fe(III) + AO = Fe(II) + AO_{ox}$$

Исследования проводили на лабораторной установке в НИИ физики металлов Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург) и на базе кафедры пищевой инженерии УрГЭУ (г. Екатеринбург).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием стандартных компьютерных программ Microsoft Exsel XP, Statistica 8,0.

Результаты и обсуждение

После 30 суток холодильного хранения при температуре +4 °С контрольные образцы мяса имели темно-красный цвет, мышечная ткань на разрезе была влажная, слегка липкая, темно-красного цвета и оставляла влажное пятно на фильтровальной бумаге, образующаяся при надавливании пальцем ямка выравнивалась медленно и имела слегка кисловатый запах.

Следовательно, по органолептическим показателям образцы мяса контрольной группы относятся к сомнительно свежим. Обработка мяса высоким давлением оказала положительное влияние на его сохранность. Так, через 30 суток хранения опытные образцы мяса имели бледно-красный цвет, запах специфический, свойственный свежей говядине, мышцы на разрезе слегка влажные, не оставляли влажного пятна на фильтровальной бумаге, консистенция мяса упругая, при надавливании пальцем ямка быстро выравнивалась. Аналогичные результаты получены через 60 суток хранения мяса.

При исследовании микробиологических показателей установлено, что у образцов мяса первой группы (контроль) КМАФАнМ после 15, 30 и 60 суток хранения не превышало $2{,}1 \cdot 10^2$, $2{,}1 \cdot 10^3$ и $3{,}4 \cdot 10^5$ КОЕ/г при норме для свежего мяса, упакованного под вакуум, не более $1{,}0 \cdot 10^4$ КОЕ/г. Дрожжи в контроле через 30 и 60 суток хранения составляют $2{,}5 \cdot 10^3$ и $5{,}1 \cdot 10^5$ КОЕ/г при норме не более $1 \cdot 10^3$ КОЕ/г. Образцы мяса, обработанные высоким давлением, были стерильны, МАФАнМ и дрожжи не обнаружены.

Нами исследована антиоксидантная активность мяса (АОА). В результате исследований установлено, что опытные образцы мяса имели более высокую АОА ($0{,}35 \pm 0{,}02$ моль экв. /дм^3), что на 66,7 % достоверно (**$P \leq 0{,}01$) выше АОА контрольных образцов ($0{,}21 \pm 0{,}05$ моль экв. /дм^3).

Можно предположить, что обработка охлажденного мяса высоким давлением активизирует его антиоксидантые системы. К антиоксидантам мяса относят витамин Е и полиненасыщенные жирные кислоты, содержание которых в мясе говядины первой категории в среднем составляет 0,3 и 0,56 мг/100 г соответственно, а также некоторые аминокислоты. Наиболее высокие коэффициенты антиоксидантной активности имеют следующие аминокислоты: гистидин, лейцин, треонин, валин и глютаминовая кислота. Усиление антиоксидантных свойств мяса в проведенном эксперименте, возможно, связано с образованием указанных свободных аминокислот в процессе его созревания под действием высокого давления, ускоряющего этот процесс. Механизм образования свободных указанных аминокислот в мясе под действием высокого давления следующий. На процесс созревания мяса влияет активность ферментов катепсинов (кислые протеиназы), локализованых в лизосомах, которые представляют собой внутриклеточные пузырьки диаметром около 5,5 мкм, ограниченные мембраной. В настоящее время в мышечной ткани идентифицирован ряд ферментов эндопептидазного действия – катепсины B_1, *D, H, L, G* и экзопептидазы – катепсины *A,* B_2 и С. Низкая активность катепсинов в необработанном давлением мясе объясняется наличием интактной мембраны, удерживающей катепсины в латентном состоянии. При воздействии высокого давления на мясо мембраны лизосом разрушаются, и происходит активное высвобождение катепсинов, что ускоряет процесс созревания мяса, при котором происходит активное образование вышеперечисленных свободных аминокислот, обладающих антиоксидантными свойствами.

Указанное предположение нашло свое отражение при исследовании показателей окислительной порчи мяса – перекисного числа.

Так, перекисное число после 15, 30 и 60 суток хранения в контрольных образцах охлажденного мяса составляет 0,01; 0,02 и 0,08 миллимоль активного кислорода на 1 кг. Перекисное число опытных образцов мяса после 30 и 60 суток хранения на уровне 0,01 и 0,02 миллимоль активного кислорода на 1 кг соответственно.

О сохранности белковых веществ мяса и липидных компонентов свидетельствуют результаты определения амино-аммиачного азота (ААА) и летучих жирных кислот (ЛЖК).

Установлено, что содержание ААА в контрольных образцах мяса после 15, 30 и 60 суток составляет 0,73; 1,85; и 2,43 мг/10 см³ вытяжки, в опытных образцах – 0,12; 0,16; 0,24 мг/10 см³ вытяжки при норме для свежего мяса менее 1,26 мг/10 см³. Количество ЛЖК в контрольных образцах говядины после 15, 30 и 60 суток хранения на уровне 1,4; 4,2 и 5,8 мг щелочи/г, в опытных образцах – 0,2; 1,0; 2,3 мг щелочи/г (норма – до 4 мг щелочи/г). Полученные данные показали высокую сохранность мяса, обработанного высоким давлением.

Таким образом, результаты комплексных исследований показателей свежести охлажденного мяса после 30 и 60 суток холодильного хранения при температуре +4 °С свидетельствуют о том, что обработка мяса высоким давлением (800 МПа) в течение 5 минут увеличивает срок годности мяса в два раза. Так, опытные образцы по цвету, консистенции запаху соответствовали свежему. Результаты микробиологических исследований согласуются с органолептическими показателями. Так, в образцах мяса, обработанных высоким давлением, МАФАнМ и дрожжи не обнаружены. Антиоксидантная активность опытных образцов мяса выше на 66,7 % в сравнении с контрольными, следовательно, обработка мяса высоким давлением позволяет предотвратить окислительную порчу продукта в процессе хранения, и результаты исследований согласуются с данными динамики перекисного числа. Полученные материалы могут быть использованы для разработки новых технологий обеспечения срока годности мясопродуктов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект №18-016-00082).

Список литературы

1. Use of bar processing to increase the shelf of vitaminized suasages and their use for the correction of studnts healt / S. L. Tikhonov [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 121–127.
2. Ferstl, C. High Pressure Processing: Insights on technology and regulatory requirements / C. Ferstl, P. Ferstl // The national food lab. – 2013. – P. 1–6.
3. Rastogi, N. K. Opportunities and Challenges in High Pressure Processing of Foods / N. K. Rastogi, K. S. Raghavarao // Taylor & Francis Group, 2010 – P. 69–112.
4. Patterson, M. F. Microbiology of pressure-treated foods – A review / M. F. Patterson // Journal of Applied Microbiology. – 2005. – Vol. 98 (6). – P. 1400–1409.
5. About the quality of meat with pse and dfd properties / V. M. Poznyakovskiy, I. F. Gorlov, S. L. Tikhonov, V. G. Shelepov // Foods and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 104–110.
6. Determination of antioxidants in humanskin by capillary zone electrophoresis and potentiometry / M. Markina, N. Stozhko, K. Brainina, E. Lebedeva, L. Neudachina // Analytical Letters. 2016. – Vol. 49, № 12. – P. 1804–1815.

УДК 664.002.5

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ОДНОРОДНЫХ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СМЕСЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ

К. Ж. Амирханов*, С. Д. Руднев**
*Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, Республика Казахстан
**Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Сохранение продовольственных и энергетических ресурсов одна из важнейших задач при формировании современных биотехнологических процессов пищевой промышленности [1].

Сыпучие среды, содержащие частицы размером менее 10^{-4}м всегда сложно взаимодействуют с жидкостями в силу их высокоразвитой удельной поверхности, которая может составлять от десятков до тысяч м^2/м^3. Силы поверхностного натяжения жидкости при контакте с порошками препятствуют смачиванию, образуются трудноразрушаемые конгломераты. Процесс значительно затрудняется, если в сыпучей дисперсной системе присутствуют высокомолекулярные соединения – биополимеры: белки и углеводы. Последние, несмотря на их преимущественную гидрофильность, напротив препятствуют формированию однородной структуры, так как создают влагонепроницаемые оболочки конгломератов, препятствующие дальнейшему структурообразованию. Энергетический барьер, возникающий при контакте фаз, бывает весьма высоким. По некоторым сведениям исходный объем смеси может превышать получаемый впоследствии на 20 % за счет менисков, образующихся вокруг частиц. Если поверхностное натяжение преодолено, то далее возникают коллоидные процессы, сопровождающиеся диффундированием влаги в частицы. Происходят физико-химические превращения, формируются устойчивые связи молекул воды и молекул биополимеров. И последним этапом следует формирование структуры совершенно новой дисперсной системы, по своим физико-механическим свойствам резко отличающейся от исходных компонентов, что обусловлено сначала высокоразвитой когезией, а затем сдвиговой деформацией при перемешивании среды. Формируется макроструктура дисперсной системы, как правило, в виде каркасных образований, в которых молекулы воды участвуют в поперечных связях между крупными молекулами, появляется эластичность и упругость системы. Если к этому моменту однородная смесь не достигнута, то часто продолжают механическое перемешивание смеси, что разрушает образовавшуюся структуру.

Применим термодинамический подход к изучению проблемы. Один из основных законов термодинамики – выражение Гельмгольца [2] для свободной энергии системы с постоянным числом частиц легко объясняет суть проблемы:

$$\Delta F = \sigma \Delta S = \Delta U - T\Delta \acute{S}, \text{ Дж} \quad (1)$$

где ΔF - свободная энергия, Дж; σ - удельная поверхностная энергия вещества, Дж/м^2; ΔS – приращение поверхности взаимодействия фаз, м^2; ΔU - изменение полной энергии системы, Дж; T – абсолютная температура, К; $\acute{S}$ – энтропия системы, Дж/К.

В начале процесса взаимодействия фаз поверхность контакта очень большая. Энтропия системы при этом максимальна. Но в системе еще присутствуют прослойки свободной жидкости, позволяющие движение частиц относительно друг друга. [2] По мере преодоления сил поверхностного натяжения внешней механической энергией энтропия системы снижается, когезионное взаимодействие частиц преобразуется во внутреннюю энергию, обусловливающую упругость среды:

$$U_0 = \tau^2 / (2G), \quad (2)$$

где τ – напряжения сдвига, зависящие от скорости деформации и мгновенного состояния среды, Па; G – модуль упругости при сдвиге, изменяющийся во времени.

Таким образом, поверхность взаимодействия фаз здесь оказывает решающее значение. Но, в то же время, удельная поверхностная энергия в этом выражении не может быть константой. На нее возможно оказать влияние. Проблема видится в том, что силы поверхностного натяжения воды на начальном этапе препятствуют процессу смешивания и формирования структуры новой дисперсной системы. Как вывод: достижение однородной смеси необходимо осуществлять на первой стадии взаимодействия фаз в системе, когда сопротивляемость смеси минимальна и обусловлена вязкостью сдвигового течения жидкости в прослойках между частицами. Для этого необходимо максимально ускорить процесс преодоления сил поверхностного натяжения жидкости.

Каким же образом можно повлиять на поверхностную энергию соединяемых компонентов системы? Механоактивация достаточно давно известна как результат воздействия на материалы и вещества внешними силами [3–11]. Она проявляется при образовании новой поверхности в твердых телах, при упругих и пластических деформациях частиц среды, при воздействии на поверхности сухим трением. И все эти виды механических воздействий приводят к разрыву внутренних межмолекулярных связей, либо же тех же связей, но на поверхности тел.

А что же жидкость, в частности вода? При всей кажущейся ее простоте, вода обладает уникальными свойствами. И они обусловлены тем, что молекула воды – диполь.

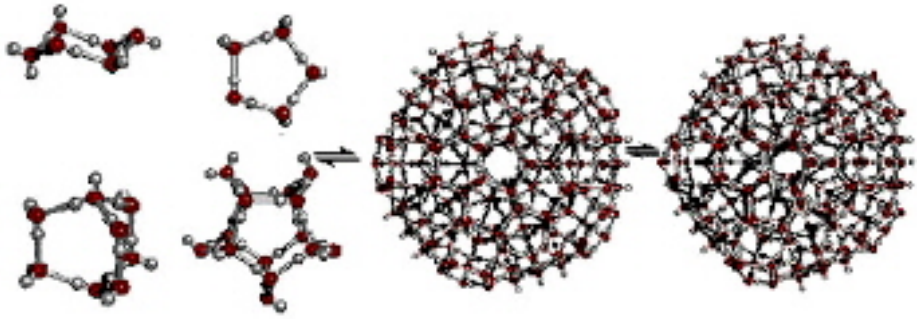


Рисунок 1 – Кластеры (кванты) воды различных порядков

С. В. Зенин [4] в своих исследованиях показал, что молекулы воды образуют кванты разных порядков, при этом из них торчат наружу свободные водородные связи, которыми они взаимодействуют друг с другом и с другими веществами. Но большинство связей в квантах находится в связанном состоянии и не способны к взаимодействию. Вода, по мнению Зенина – это жидкий кристалл, причем их формы существования весьма многообразны, что иллюстрирует рисунок 1. Вывод очевиден: поверхностная энергия воды весьма высока именно потому, что она образует жидкокристаллическую структуру. И проблема смачивания водою поверхности высокодисперсных систем может быть легко решена, если предварительно разрушить кластеры, то есть, внести в систему внешнюю энергию, достаточную для разрушения большинства водородных связей. В технике производства строительных материалов [5] этот эффект уже применяется. В пищевой промышленности проводили исследования по применению воды, активированной электролизом, акустическими и оптическими воздействиями, ионизацией серебром и пр. Авторами была поставлена цель изучить влияние механоактивации воды, то есть активация ее простым механическим воздействием, внесением в нее внешней механической энергии, на ее взаимодействие с высокодисперсным сыпучим веществом – мукой и установить, как влияет на свойства полуфабрикатов, на технологические процессы и качество готовой продукции – хлеба.

Приготовление хлеба осуществляли однофазным способом по ГОСТ 27842-88 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия».

Применили муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта с содержанием клейковины 30,3 %, (82,5 ус. ед. приб. ИДК)

Механоактивация воды создавалась блендером бытовым при вращении мешалки с числом оборотов 1200 об/мин в объёме воды 1 $дм^3$ в течение 60 секунд.

Предельное напряжение сдвига теста находили коническим пластометром Ребиндера.

Брожение проводилось при температуре 30-32 ^{0}С в течение 120 минут. Расстойка осуществлялась в шкафу для окончательной расстойки при температуре 30-32 ^{0}С и относительной влажности воздуха 70-80 %.

Анализ структурно-механических свойств теста осуществляли на структурометре СТ-1 со следующими параметрами: F_0 = 00,5 Н; V = 30 мм/мин; F = 30 Н. Насадка – конус.

Анализ структурно-механических свойств мякиша хлеба осуществляли на структурометре со следующими параметрами: F_0 = 00,5 Н; V = 100 мм/мин; F = 40 Н. Насадка – полусфера.

Исследование процесса сушки проводили на анализаторе влажности МХ-50 (производство Япония, сертифицирован в Российской Федерации).

Хлеб выпекали в форме №12 по ГОСТ 17327-95 «Формы хлебопекарные. Технические условия». Исследование хлеба проводили по ГОСТ 27669-88 «Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба» (с Изменениями N 1, 2). Объём хлеба определялся по методике [12].

На первом этапе изучалось влияние механоактивации на процесс замеса теста. Эксперимент проводился в бытовом тестомесильном оборудовании, а также в хлебопечке. Результаты представлены на рисунке 2.

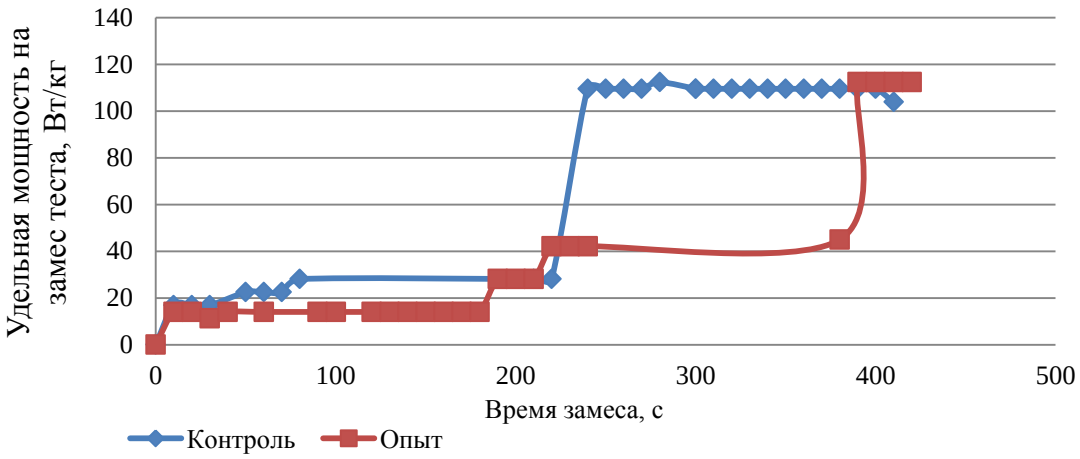
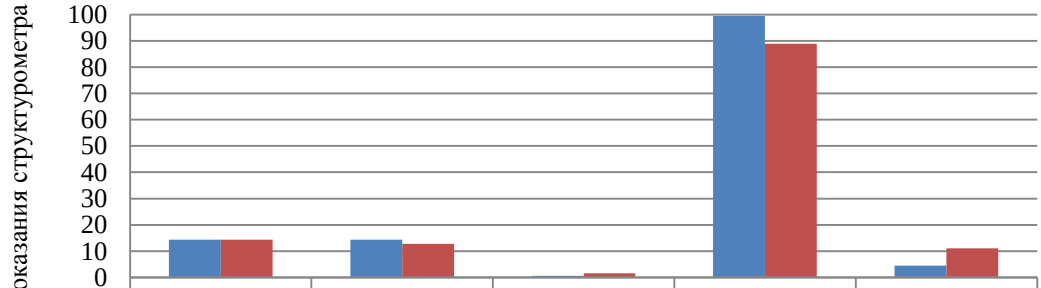


Рисунок 2 – Зависимость удельной мощности при замесе теста из муки пшеничной высшего сорта по технологии производства хлеба пшеничного

Все эксперименты показали, что есть существенные отличия в процессе формирования структуры теста при замесе. При тех же параметрах работы мешалки удельная мощность на замес теста с механоактивированной водой на 30-40 % ниже. На графике четко прослеживается, что первый период замеса теста (механическое смешивание сухих и жидких компонентов) протекает почти с двухкратным снижением удельной мощности. Этот результат можно считать весьма удовлетворительным.

Как же повлияла механоактивация на структурно-механические свойства теста?

На рисунке 3 представлены структурно-механические характеристики пшеничного теста по результатам исследований на структурометре СТ-1, полученные по стандартной методике. Пластичность теста с механоактивированной водой повысилась на 10-12 %, а упругость снизилась почти вдвое.



	ΔНобщ.	ΔНпл.	ΔНупр.	Относительная пластичность, %	Относительная упругость, %
Контроль	14.38	14.31	0.65	99.51	4.52
Опыт	14.32	12.73	1.59	88.9	11.1

Рисунок 3 – Структурно-механические свойства теста

Как же повлияла механоактивация на энергию связи влаги с материалом? Провели исследование процесса сушки, по результатам были построены кривые кинетики сушки в виде зависимостей $dW/dt = f(dW)$,

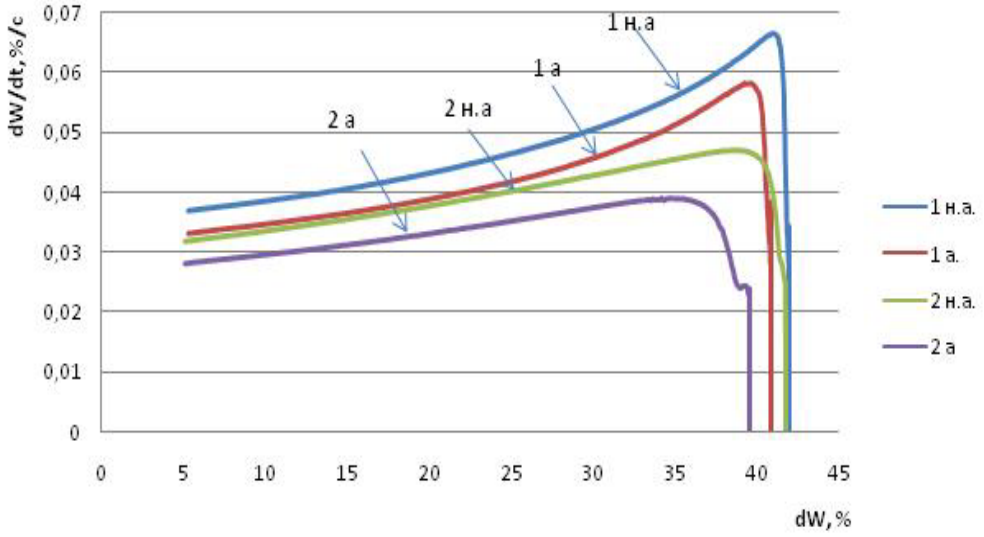


Рисунок 4 – Кинетика сушки теста хлебопекарного:
1 н.а. и 2 н.а. - для теста с водой неактивированной;
1 а. и 2 а. - для теста с механоактивированной водой

Результаты говорят об очевидном повышении энергии связи молекул воды с биополимерами муки не менее чем на 30 %.

Исследовались реологические свойства теста на приборе «Реотест», определялась вязкость теста. При проведении экспериментов были использованы современные подходы к реометрии [13]. Результаты представлены на рисунке 5.

Результаты опять говорят об очевидном различии свойств контрольного и экспериментального образцов. Тесто, полученное при замесе с механоактивированной водой обладает значительной вязкостью, на 50–70 % превышающей вязкость контрольного образца. Причем его эластичность выше, как показали предыдущие исследования на структурометре.

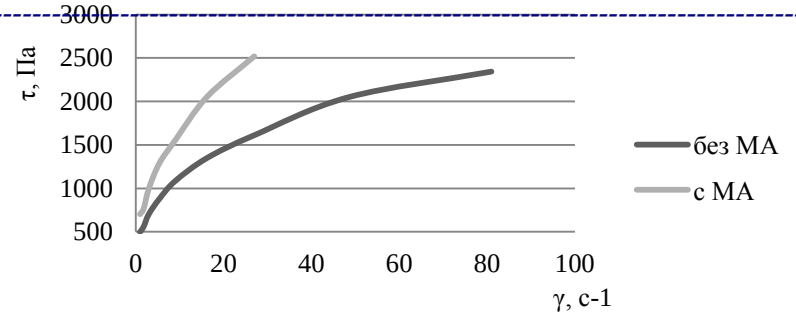


Рисунок 5 – Реологические свойства теста

На следующем этапе изучалось качество хлеба, полученного с применением механоактивированной воды. На рисунке 6 видны результаты определения удельного объёма хлеба (см^3/г).

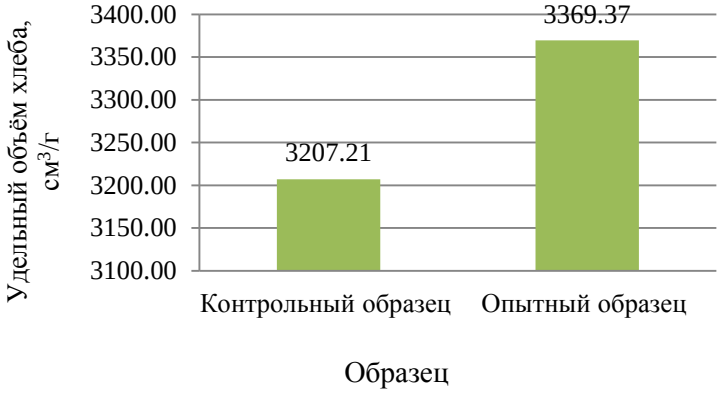


Рисунок 6 – Удельный объём хлеба пшеничного

Результат очевиден: качество хлеба, полученного по экспериментальной технологии заметно выше (увеличение объема примерно на 5 %).

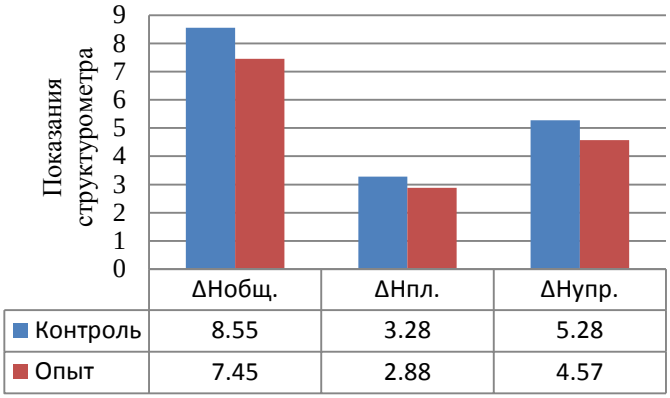


Рисунок 7 – Структурно-механические свойства хлеба

Провели исследования структурно-механических свойств пшеничного хлеба по стандартной методике на структурометре СТ-1, результаты – на рисунке 7. Структурно-механические свойства хлебного мякиша улучшаются.

Из проведенных экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Механоактивация воды значительно улучшает смачиваемость муки на первом этапе замеса теста, что заметно сокращает энергозатраты при замесе;

2. Механоактивация воды повышает количество связанных с биополимерами муки молекул, что увеличивает суммарную энергию связи, это может сократить упек при производстве хлебопекарной продукции;

3. Механоактивация воды повышает эластичность теста, что улучшит условия тестоделения и формования заготовок, снизит энергозатраты производства;

4. Механоактивация воды повышает качество готовых изделий без какого-либо изменения их состава при использовании традиционной технологии.

И как общий вывод: механоактивация воды при производстве продуктов питания – простой и эффективный способ снижения энергоемкости и повышения качества продуктов.

Список литературы

1. Prosekov, A. Yu. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // *Foods and raw materials*. 2016. – Vol. 4 – No. 2. – P. 201–211.

2. Попов, А. М. Физико-химические основы технологий полидисперсных гранулированных продуктов питания / А. М. Попов. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002. – 324 с.

3. Маленков, Г. Г. Структура и динамика жидкой воды / Г. Г. Маленков // Журнал структурной химии. – 2006. – Т. 47. – С. S5–S35.

4. Зенин, С. В. Исследование структуры воды методом протонного магнитного резонанса / С. В. Зенин // Доклады РАН. – 1993. – Т. 332. – № 3. – С. 328.

5. Структуры сеток водородных связей и динамика молекул воды в конденсированных водных системах / В. П. Волошин, Е. А. Желиговская, Г. Г. Маленков, Ю. И. Наберухин, Д. Л. Тытик // Российский химический журнал. – 2001. – Т. 45. – № 3.– С. 31–37.

6. Результаты численного моделирования импульсов Тричела в отрицательной коро-не в воздухе / Ю. С. Акишев, И. В. Кочетов, А. И. Лобойко, А. П. Напартович // Физика плазмы. – 2002. – Т. 28. – № 12. – С. 1136–1146.

7. Аристова, Н. А. Очистка воды от ионов меди при озонировании методом осаждения / Н. А. Аристова, И. М. Пискарев // Вода: химия и экология. – 2008. – № 5. – С. 34–37.

8. Исследование свойств цементных композитов на активированной воде затворения / В. Т. Ерофеев [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-6. – С. 1175–1181.

9. О природе электрохимической активации сред / П. А. Кирпичников [и др.] // Доклады АН СССР. – 1986. – Т. 286. – № 3. – С. 663–666.

10. Петрушанко, И. Ю. Неравновесное состояние электрохимически активированной воды и её биологическая активность / И. Ю. Петрушанко, В. И. Лобышев // Биофизика. – 2001. – Т. 46. – Вып. 3. – С. 389–401.

11. Петрушанко, И. Ю. Физико-химические свойства водных растворов, полученных в мембранном электролизере / И. Ю. Петрушанко, В. И. Лобышев // Биофизика. – 2004. – Т. 49. – Вып. 1. – С. 22–31.

12. ГОСТ 27669-88. Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба (с Изменениями N 1, 2) – Введ. 1989-07-01. – М.: Стандартинформ, 2007.

13. Pirogov, A. N. Rheometric monitoring of the formation of milk-protein blobs / A. N. Pirogov // *Foods and raw materials*. 2014. –Vol. 2 – No. 1. – P. 72–81.

УДК 66.048.5

ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССООБМЕНА В РОТОРНО-ПЛЕНОЧНЫХ ВЫПАРНЫХ АППАРАТАХ

И. А. Бакин
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Основные направления стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности предусматривают решение задач, направленных на совершенствование и разработку технологий переработки и хранения растительных ресурсов с целью укрепления отечественной сырьевой базы. На использовании функциональных ингредиентов природного происхождения, таких как натуральные пищевые концентраты из плодово-ягодного сырья, основываются многие технологии обогащенных и функциональных продуктов питания [1–4]. В области переработки плодоовощной продукции актуальным является создание конкурентоспособных технологий и оборудования для консервирования и продления сроков сохранности сырья и полуфабрикатов. На предприятиях пищевой промышленности широко используются различные функциональные обогатители в виде соков, экстрактов, концентратов и других продуктов переработки плодов и ягод. Получение функциональных добавок при переработке растительного сырья осложняется рядом проблем, связанных с такими факторами, как сезонность сбора, транспортная доступность произрастания, недостаточные площади для хранения и в значительной степени устаревшие технологии переработки. В связи с этим возникает необходимость разработки технологий и оборудования для рациональной переработки сырья при максимальном сохранении их ценных компонентов.

Современным направлением в области получения пищевых функциональных добавок является разработка таких способов организации процесса и аппаратов, которые позволяют сократить массу переработанного сырья, а также повысить его сохранность за счет удаления влаги из полуфабрикатов. Процессы обезвоживания используются при получении функциональных пищевых концентратов в виде порошков, высушенных ягод и плодов, цельной или перетертой замороженной и сублимированной массы, концентрированных соков и настоев [5]. Наиболее приемлемым технологическим способом переработки плодово-ягодного сырья, имеющим значительное содержание влаги в своем составе, является получение концентратов, характеризующихся повышенной концентрацией целевых компонентов. Процесс концентрирования основывается на удалении жидкого растворителя из сырья различными физическими или физико-механическими способами, среди которых наиболее распространенными являются вымораживание (сублимация), ультрафильтрация (обратный осмос), термообработка (сушка и выпаривание). Необходимым требованием модернизации и создания современных технологий и оборудования для получения пищевых концентратов из растительного сырья является обеспечение сохранности биологически активных веществ в процессе переработки [6]. Не менее важными условиями промышленного использования технологии концентрирования являются требования к энергоэффективности процесса, доступности и функциональности аппаратурного оформления, возможности использования мощностей и уровня отечественного машиностроения. С учетом этих условий способ выпаривания при получении концентратов растительного сырья является наиболее оптимальным.

При реализации процесса выпаривания существует вероятность негативного воздействия на активные компоненты в результате температурной обработки сырья природного происхождения. Традиционные процессы концентрирования основаны на воздействии на выпариваемые растворы повышенными температурами для обеспечения фазового перехода растворителя. Известные способы щадящей обработки основаны на минимизации времени нахождения раствора в активной зоне кипения и понижении температуры. Перспективным методом является проведение процесса под вакуумом, в

результате чего температура кипения легколетучего растворителя снижается, а качество получаемого концентрата не ухудшается. Кроме того, при методе выпаривания под вакуумом больше движущая сила теплопередачи, меньше площадь поверхности выпарного аппарата и потери тепла в окружающую среду, материалоемкость и энергоемкость установки в целом [7].

Таким образом, целью проведенных исследований являлось определение направлений разработки нового высокоинтенсивного оборудования для проведения процесса выпаривания экстрактов плодово-ягодного сырья, обеспечивающего сохранность ценных компонентов сырья. Для достижения этой цели решались задачи: разработка конструкции роторно-пленочного выпарного аппарата, определение рациональных значений рабочих параметров процесса выпаривания, изучение закономерностей концентрирования водно-спиртовых экстрактов плодово-ягодного сырья.

Исходя из существующей практики и опыта конструирования выпарных аппаратов для переработки термолабильных растворов, направления разработки реализовывались для конструкции с подвижной поверхностью нагрева как имеющей значительную перспективу интенсификации процесса теплообмена [8]. По направлению материалопотоков в аппарате преимущества имеют схемы с принудительной циркуляцией и противотоком. При вертикальном расположении поверхности нагрева достаточно просто реализуется разгрузка аппарата и повышается температурный градиент в растворе. Для выбранной схемы аппарата предложен метод пленочного выпаривания жидких сред, при котором обеспечиваются минимальные гидравлические сопротивления (затраты энергии) и наиболее оптимальные условия процессов тепломассопереноса на границе поверхности испарителя и подвижной пленки сырья. Тонкая пленка перемещается по рабочей поверхности под действием сил гравитации и сил воздействия от вращающихся лопастей ротора. В роторно-пленочных выпарных аппаратах (РПВА) теплофизическая обработка раствора происходит в активных гидродинамических условиях, при минимальном воздействии повышенных температур от испарителя. Турбулизация раствора обеспечивает непрерывное обновление свободной поверхности и удаление парогазовой фазы.

Стационарное пленочное течение обрабатываемого жидкого раствора реализуется в РПВА с фиксированной поверхностью жидкого продукта и парогазовой фазы [7] с ротором и шарнирно-закрепленными лопастями. В данных аппаратах исходный раствор поступает в верхнюю часть, далее попадает под воздействие вращающихся лопастей. Перемещение кипящей пленки в радиальном направлении определяется центростремительной силой (вектором составляющей касательной к траектории движения), зависящей от частоты вращения ротора. Структура течения пленки зависит от интенсивности радиального перемещения в волновой части перед лопастью и возвратного течения за плоскостью лопасти, обусловленного выталкивающей силой течения Куэтта [8]. Выпаривание до требуемой концентрации целевых компонентов достигается требуемыми режимными параметрами работы РПВА. Аппараты с шарнирно-закрепленными лопастями применяются для переработки широкого спектра растворов с большой степенью концентрирования при значительном изменении их теплофизических свойств.

Принципиальная схема новой конструкции РПВА состоит из вертикального корпуса испарителя (с рубашкой обогрева), ротора с шарнирно укрепленными на нем лопастями, камеры каплеотделения (сепаратора), камеры разгрузки и патрубков подвода и отвода раствора. Привод ротора осуществляется через клиноременную передачу электродвигателем. Запатентованы новые технические решения [9]: изменения лопастей на параболическую форму, чем обеспечивается равномерность перераспределения жидкости по поверхности испарителя и устойчивость пленки, а также условия турбулизации потоков паровой фазы со стороны сбегания лопастей; установка в верхней части аппарата распределительной перфорированной тарелки для лучшего контакта потоков раствора и вторичного пара.

Процесс выпаривания проводится под вакуумом, образующимся путем конденсации паров растворителя в холодильнике (конденсаторе) и при предварительном вакуумировании

объема РПВА от вакуум-насоса. Упариваемый раствор в верхней части колонны подается через распределительную тарелку на вращающиеся лопасти, откуда под действием центробежной и силы тяжести стекает и распределяется в виде пленки на обогреваемой поверхности корпуса испарителя. В зазоре между корпусом и лопастями обеспечивается интенсивная турбулизация подвижной пленки, кипение раствора в пленочном режиме и испарение растворителя. Пары растворителя через патрубок выводятся из аппарата для конденсации, с возможностью повторного использования, концентрат опускается в камеру разгрузки. Метод выпаривания под вакуумом в тонкой пленке дает возможность обработки термолабильного сырья при обеспечении высокой степени концентрирования (до 1:5–1:50), а также при значительном изменении теплофизических свойств при выпаривании [10].

Опытным путем исследованы процессы концентрирования экстрактов плодово-ягодного сырья (водно-спиртовой экстракт плодов черноплодной рябины). Технологические операции и режимы экстрагирования приняты по рекомендациям работы [2], в соответствии с классической технологией мацерации. Интенсивность процессов выпаривания оценивалась количественно по показателю коэффициент концентрирования *K*, равный отношению объема упаренного раствора к исходному объему. Температура обогрева поддерживалась на уровнях от 45 до 55 °С, частота вращения ротора варьировалась от 3,4 до 10 $с^{-1}$. Некоторые обобщенные результаты экспериментальных исследований процессов концентрирования на лабораторной модели аппарата с диаметром лопастей ротора 100 мм, при использовании прямых (*K*) и модернизированных (*Km*) лопастей, для постоянной частоты вращения ротора (3,4 $с^{-1}$) и величины давления вакуума (0,9 атм.), при варьировании температуры процесса (45, 50, 55 °С) и значении подачи (производительности по исходному раствору 1,67 и 2,78 $м^3$/с), представлены на рис. 1.

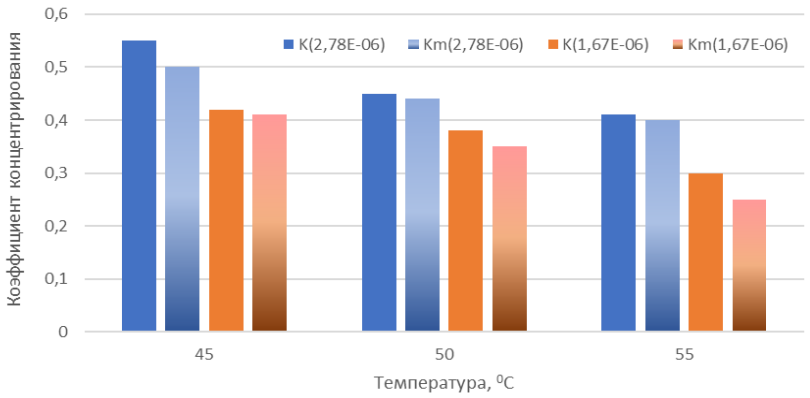


Рисунок 1 – Влияние режимных параметров на интенсивность процесса выпаривания

Исходя из анализа данных, представленных на рис. 1, следует, что интенсивность процессов тепломасообмена, характеризуемая коэффициентом концентрирования, находится в прямой корреляции с температурой процесса, что можно объяснить более интенсивным процессом фазового перехода при большем увеличении температуры. Однако для рассматриваемых растворов, содержащих термолабильные компоненты, предельную температуру нагрева не рекомендуется превышать более чем на 55 °С [4]. Влияние второго фактора (подачи раствора) имеет отрицательную корреляцию с показателем интенсивности, что связано со следствием из уравнения материального баланса, согласно которому при уменьшении массового расхода компонентов также происходит уменьшение толщины жидкостной пленки на поверхности испарителя. Рассматривая в исследованном диапазоне влияние на интенсивность процесса формы лопастей – прямых (*K*) и модернизированных (*Km*), наблюдается тенденция увеличения коэффициента концентрирования, что подтверждает сделанные при конструировании аппарата предположения о возможности турбулизации пленки. Анализ количественных показателей процесса показывает, что

установка модернизированных параболических лопастей позволяет повысить интенсивность процесса в среднем на 9 %.

Для подтверждения возможности обеспечения щадящих режимов термообработки в процессе концентрирования в новой конструкции РПВА проводился анализ качественных характеристик водно-спиртовых экстрактов черноплодной рябины и полученных из них концентратов. Опытным путем установлено, что содержание полифенольных веществ при концентрировании увеличилось в 12 раз. Высокое содержание полифенольных соединений способствует стабилизации содержания витамина С в концентрате, которое даже при максимальной температуре обработки в 55 °С составляло не менее 73 мг/100 г, при исходном содержании в замороженной ягоде 50,31 мг/100 г [11].

Таким образом, в ходе исследований на основе анализа закономерностей развития процессов концентрирования и полученных эмпирических данных доказана перспективность использования новой конструкции роторно-пленочного выпарного аппарата, в котором достигается повышение интенсивности процессов тонкопленочного концентрирования на 9 %, на примере получения концентратов водно-спиртовых экстрактов черноплодной рябины. Получены новые решения по организации процесса выпаривания, обеспечивающие сохранность ценных компонентов растительного сырья.

Список литературы

1. Hidalgo, G.-I. Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: a review / G.-I. Hidalgo, M. P. Almajano // Antioxidants. – 2017. – Vol. 6, 7. DOI: 10.3390/antiox6010007.

2. Бакин, И. А. Влияние комплексных технологических приемов обработки на экстрагирование ягодного сырья / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, П. Н. Лунин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2016. – № 5–6 (353–354). – С. 24–27.

3. Мустафина, А. С. Маркетинговое исследование рынка продуктов, содержащих экстракты и концентраты плодово-ягодного сырья / А. С. Мустафина, И. А. Бакин // Ползуновский вестник. – 2013. – № 12-2. – С. 132.

4. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий / И. А. Бакин [и др.] // Техника и технология пищевых производств.– 2017. – Т. 45, № 2. – С. 5–12.

5. Popov, A. Sistemic regularities in the study and design of technological complexes for the production of instant peverages / A. Popov // Foods and Raw Materials. – 2014. – №. 2. – P. 156–160.

6. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries / S. Skrovankova [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2015. – № 16. – P. 24673–24706. DOI: 10.3390/ijms161024673.

7. Sorour, M. A. Optimization of multiple effect evaporators designed for fruit juice concentrate / M. A. Sorour // American Journal of Energy Engineering. – 2015. – P. 6–11.

8. Fazaeli, M. Effects of heating method and conditions on the evaporation rate and quality attributes of black mulberry (*Morus nigra*) juice concentrate / M. Fazaeli, G. Hojjatpanah // Journal of Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 50, №. 1. – P. 35–43.

9. Пат. 117824 Российская Федерация, МПК7 и B01D1/22. Вертикальный роторно-пленочный выпарной аппарат / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, А. С. Ащеулов, Ю. Н. Кобзев, Е. А. Зайцева; заявитель и патентообладатели: И. А. Бакин, А. С. Мустафина, А. С. Ащеулов, Ю. Н. Кобзев, Е. А. Зайцева. – № 2012105138/05; заявл. 14.02.2012; опубл. 10.07.2012.

10. Бакин, И. А. Изменение свойств экстрактов ягод черной смородины в процессе выпаривания / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, Л. А. Алексенко // Современная наука и инновации. – 2017. – № 4. – С. 67–80.

11. Бакин, И. А. Изучение химического состава ягод черной смородины в процессе переработки / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, П. Н. Лунин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6. – С. 159–162.

УДК 664/664.6:60

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРОБЕЖНО-ШНЕКОВОГО СМЕСИТЕЛЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МУЧНЫХ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СМЕСЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ВЫПЕЧКОЙ ХЛЕБА И ОБОСНОВАНИЕМ ЕГО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

Д. М. Бородулин*, В. Л. Потеха**, Е. В. Невская***, А. А. Невский***
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Гродненский государственный аграрный университет,
г. Гродно, Республика Беларусь
***Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности,
г. Москва, Россия

Введение

Создание пищевых продуктов с повышенной пищевой и биологической ценностью, обогащенной различными макро- и микронутриентами, в том числе полиненасыщенными жирными кислотами омега-3 и омега-6, витаминами, аминокислотами, другими биологически активными веществами предусмотрено концепцией государственной политики в области здорового питания населения РФ. Хлеб относится к продуктам массового потребления, поэтому повышение его качества, пищевой и биологической ценности является особо актуальной задачей. Работы в этом направлении активно ведутся у нас в стране, в странах ближнего и дальнего зарубежья.

Методология моделированию продуктов питания с целью повышения их пищевой и биологической ценности, а также возможности современного программного обеспечения в решении этой задачи описаны в работах. [1, 2] В ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» осуществляется разработка новых хлебопекарных смесей. [3, 4] Для повышения пищевой и биологической ценности хлеба и хлебобулочных изделий применяют только натуральное сырье отечественное отечественного происхождения. Интересным является предложенный [5, 6] в ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» подход к оптимизации состава хлебопекарных смесей по критерию гликемического индекса. При оптимизации по этому критерию, выработка хлеба из многокомпонентных хлебопекарных смесей позволит получить изделие для профилактического питания. Так, образец хлеба, приготовленный из разработанной смеси, имел гликемический индекс ниже на 10-18 % по сравнению с хлебом из пшеничной муки 1-го сорта.

Перспективы добавления муки крупяных и зернобобовых культур в хлебопекарные смеси с целью повышения биологической и пищевой ценности хлеба и хлебобулочных изделий рассмотрены в работе. [7] Приведен анализ изменения реологических свойств смесей на альвеографе при добавлении муки крупяных и зернобобовых культур к пшеничной. Рассмотрены возможности корректировки реологии смеси, в т.ч. сухой пшеничной клейковиной. Полученные результаты позволяют прогнозировать реологические свойства мучных смесей, что дает возможность изготавливать продукты диетического и лечебно-профилактического назначения без ухудшения свойств готовых изделий.

Нами предложено повышать пищевую и биологическую ценность хлеба за счет включения в рецептуру мучных хлебопекарных смесей помимо традиционного сырья (пшеничная и ржаная мука), обогащающих компонентов, таких как мука пшеничная цельно зерновая, мука нутовая и гречневая, овсяные отруби, клейковина, молоко, кунжут, семя льна, лук репчатый. Эти компоненты богаты микро- и макронутриентами, биологически активными веществами. [8] Цельно зерновая мука богата пищевыми волокнами и витаминами группы В. Овсяные отруби являются источником пищевых волокон, витаминов А, Е, группы В, микро- и макроэлементов. Кальций, фосфор, железо, цинк, калий и магний, а

также большое количество пищевых волокон, сложных углеводов, белка, и витамина B_6, находятся в нутовой муке. Семена кунжута содержат редчайшие антиоксиданты (сезамин и сезамолин), которые замедляют старение клеток человеческого организма. Важным фактором при осуществлении качественного процесса смешивания является равномерное распределение по всему объему смеси всех входящих в ее состав компонентов. В данном процессе огромную роль играют следующие факторы [8]: гранулометрический составов, плотность и другие не менее важные физико-механические характеристики состава компонентов смеси. Наиболее перспективным оборудованием способным решить эти задачи являются аппараты смешения, работающие под действием центробежной силы, например, такие как смесители непрерывного действия (СНД) центробежного типа. [9] Для этого в технической лаборатории кафедры, под руководством коллектива авторов из Кемеровского технологического института пищевой промышленности (университет) был разработан СНД центробежно-шнекового типа для сыпучих материалов.

Целью работы является установление рациональных конструкторских и технологических параметров работы смесителя непрерывного действия центробежно-шнекового типа, позволяющих получать мучные хлебопекарные смеси функционального назначения повышенного качества.

Объекты и методы исследований

Объект исследования – мучные хлебопекарные смеси, включающие в себя следующее сырье: мука пшеничная хлебопекарная первого сорта по ГОСТ Р 52189-2003, мука пшеничная цельно зерновая (обойная) по ГОСТ Р 52189-2003, мука нутовая по ТУ 9293-009-89751414-10, мука ржаная хлебопекарная обойная по ГОСТ Р 52809-2007, мука гречневая по ГОСТ Р 31645-2012, отруби овсяные по ТУ 9295-001-85850409-2012, клейковина сухая (пшеничный глютен) по ГОСТ 31934-2012, молоко сухое по ГОСТ Р 52791-2007, кунжут по ГОСТ 12095-76, семя льна по ГОСТ 10582-76, лук репчатый сушеный по ГОСТ 7587-71, соль поваренная пищевая сорта «Экстра» по ГОСТ Р 51574-2000 и сахар-песок по ГОСТ 12572-93.

Рецептуры мучных хлебопекарных смесей разработаны в Федеральном государственном автономном научном учреждении «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» (ФГАНУ НИИХП).

Содержание поваренной соли в изделиях и мучных хлебопекарных смесях определяли по ГОСТ 5698-51, содержание аминокислот – методом капиллярного электрофореза согласно ГОСТ Р 55569-2013.

Исследования по оптимизации процесса смешивания проведены в лаборатории кафедры «Технологического проектирования пищевых производств» ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» на разработанном [8, 12] учеными КемГУ смесителе непрерывного действия центробежно-шнекового типа. Центробежно-шнековый смеситель предназначен для смешивания сыпучих материалов, например, сухих композитных смесей для питания спортсменов, витаминизированных мучных смесей для приготовления различных изделий из хлеба и т.п.

Для получения таких хлебопекарных смесей сконструирован смесительный агрегат, схематически изображенный на рисунке 1.

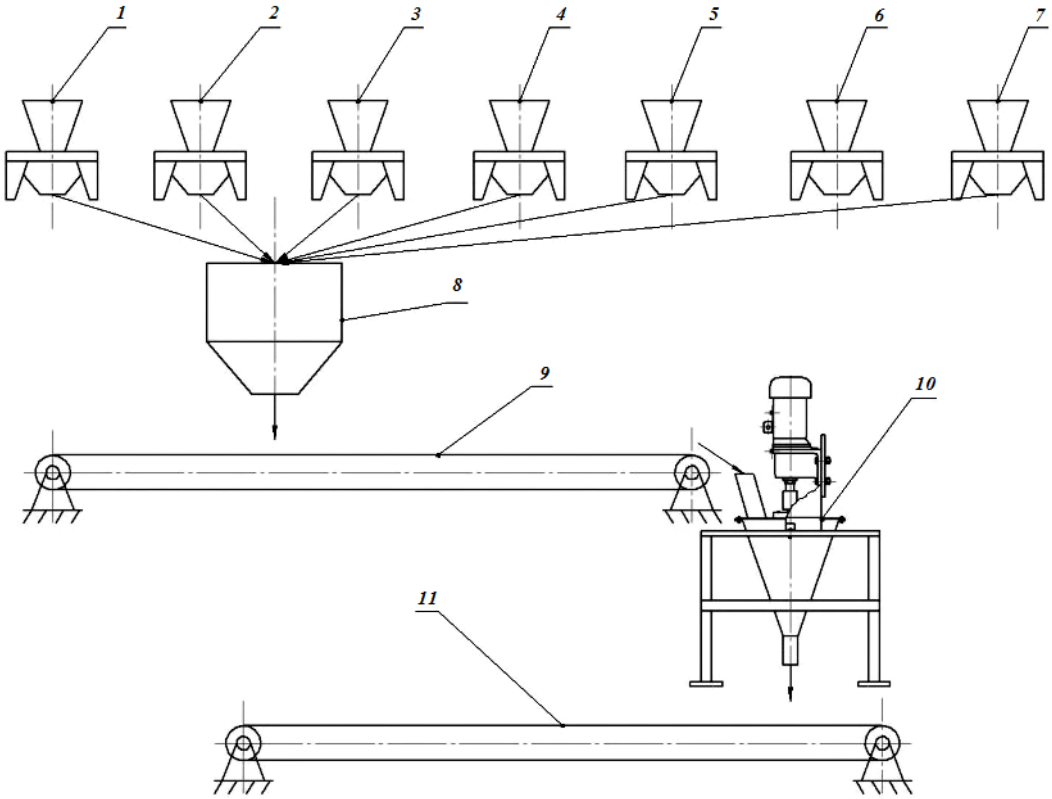


Рисунок 1 – Технологическая линия приготовления мучных смесей:
1-7 – дозаторы, 8 – объемный дозатор, 9 и 11 – ленточные конвейеры,
10 – центробежно-шнековый смеситель

Качество смешивания сыпучих компонентов при получении комбинированных продуктов может быть спрогнозировано различными подходами. Например, в работе [13], где рассматривается составление мучных смесей с использованием муки крупяных культур (ячменная, гороховая, гречневая, соевая), автор утверждает, что самым простым и доступным способом оценки однородности мучных композитных смесей можно считать расчет коэффициента неоднородности по показателю белизны. Рядом авторов [14] предложен стохастический подход к оценке качества смешивания сыпучих материалов в центробежных смесителях. Ими рассмотрена возможность использования этого подхода к моделированию процесса смешивания сыпучих материалов в центробежных смесителях непрерывного действия на основе кинетических уравнений массопереноса, причем в качестве меры неоднородности состава смеси выбран коэффициент неоднородности [8-16] *Vc*:

$$V_C = \frac{S}{\overline{C}} \cdot 100\% \qquad (1)$$

где S – выборочное среднее квадратическое отклонение содержания поваренной соли в пробах, взятых из мучной смеси; $\overline{C}$ - выборочное среднее значение концентрации поваренной соли в пробах.

Для оценки качества смешивания каждую мучную смесь (табл. 1) представляли, как двухкомпонентную. Далее в ней выделяли ключевой компонент (поваренная соль) имеющий минимальную массу по отношению к другим компонентам рецептуры, затем по формуле (1) определяли однородность получаемых хлебопекарных смесей.

Результаты и их обсуждение

Смешение, как процесс получения однородных по составу сыпучих композиций широко применяется в различных отраслях промышленности. Например, для приготовления композитных смесей из дисперсных материалов, в широком спектре можно применять СНД центробежно-шнекового типа непрерывного или периодического действия, а в частности при производстве хлебопекарных смесей по рецептурам, приведенным в таблице 1. Для сравнительного анализа была приготовлена контрольная смесь пшеничной муки и соли.

Таблица 1 – Рецептуры мучных хлебопекарных смесей

Компоненты рецептуры, граммы	Контроль	Смесь № 1	Смесь № 2	Смесь № 3
Мука пшеничная 1 сорт	200,0	730,6	436,5	143,0
Овсяные отруби	–	91,3	–	–
Мука нутовая	–	64,0	–	–
Соль поваренная	5,0	13,7	13,7	5,0
Сахар-песок	–	36,5	36,5	–
Клейковина сухая	–	27,4	26,2	8,3
Кунжут		36,5	–	–
Мука пшеничная цельно зерновая	–	–	436,5	–
Молоко сухое	–	–	26,2	–
Сеня льна	–	–	43,6	–
Мука ржаная обойная	–	–	–	83,0
Гречневая мука	–	–	–	41,4
Лук сушеный	–	–	–	19,3

Для выявления степени влияния режимных и технологических параметров работы СНД центробежно-шнекового типа на качество хлебопекарных смесей был поставлен полнофакторный эксперимент. Его матрица планирования приведена в таблице 2.

Смешивание компонентов по рецептуре проводили на центробежно-шнековом смесителе, варьируя конструкторские и технологические параметры его работы:

1. частоту вращения ротора *n* устанавливали 500 или 900 об/мин,
2. количество отверстий в витках шнека смесителя *Zo* составляло 4 или 8,
3. количество витков шнека смесителя *Zv* составляло 2 или 4.

Таблица 2 – План эксперимента

Номер опыта	Независимые переменные		
	n	***Zo***	***Zv***
1	500	4	2
2	500	4	4
3	500	8	2
4	500	8	4
5	900	4	2
6	900	4	4
7	900	8	2
8	900	8	4

Усредненные результаты коэффициента неоднородности (поскольку каждое исследование проводилось троекратно) и численные параметры варьируемых факторов, для мучных хлебопекарных смесей приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Численные значения варьируемых факторов и коэффициента неоднородности мучных хлебопекарных смесей

Названия факторов и их значения						Коэффициент неоднородности V_C, % мучных хлебопекарных смесей:		
X1	*X2*	*X3*	*n, об/мин*	Z_O, *шт*	*Zv, шт*	Смесь № 1	Смесь № 2	Смесь № 3
–1	–1	–1	500	4	2	5,92	4,32	5,17
–1	–1	+1	500	4	4	8,56	5,11	4,82
–1	+1	–1	500	8	2	9,37	3,51	3,91
–1	+1	+1	500	8	4	11,2	5,29	3,93
+1	–1	–1	900	4	2	5,6	3,99	4,14
+1	–1	+1	900	4	4	3,79	3,50	4,32
+1	+1	–1	900	8	2	12,06	4,31	3,96
+1	+1	+1	900	8	4	11,95	5,07	4,07

По минимальному коэффициенту неоднородности (табл. 3) установлены оптимальные параметры работы центробежно-шнекового смесителя непрерывного действия.

Для смеси № 1 и смеси № 2 оптимальными параметрами работы смесителя являются:

1. частота вращения ротора n = 900 об/мин,
2. число витков шнека смесителя Zv = 4,
3. число отверстий на витках шнека Zo = 4.

Для смеси № 3 оптимальными параметрами работы смесителя являются:

1. частота вращения ротора n = 500 об/мин,
2. число витков шнека смесителя Zv = 2,
3. число отверстий на витках шнека Zo = 8.

При этих параметрах будет достигнута максимальная однородность и, соответственно, наилучшее качество мучных хлебопекарных смесей.

Для наглядности полученных данных, в качестве примера, для первой смеси была построена графическая и регрессионная зависимость количественной оценки качества смешивания СНД от числа отверстий на витках шнека Zo и частоты вращения ротора n (рис. 2).

Из графической зависимости можно сделать следующий вывод, что изменение частоты вращения ротора от 500 до 900 *об/мин* фактически не влияет на численное значение коэффициента неоднородности. Однако увеличение величины Zo приводит к некоторому просыпанию частиц сквозь отверстия в шнеке, при этом уменьшая накопительную способность аппарата, в результате этого значительно ухудшается однородность получаемой хлебобулочной смеси. Уравнение регрессии (1), полученное при этих ограничениях, показывает максимальную степень влияния на значение коэффициента неоднородности изготавливаемой смеси от числа отверстий на витках шнека Z_O (поскольку оно имеет максимальное численное значение) по отношению к частоте вращения ротора n, подтверждая графическую интерпретацию (рис.2).

$$V_C = -1{,}5119 - 0{,}001 \cdot n + 1{,}2944 \cdot Z_O. \qquad (2)$$

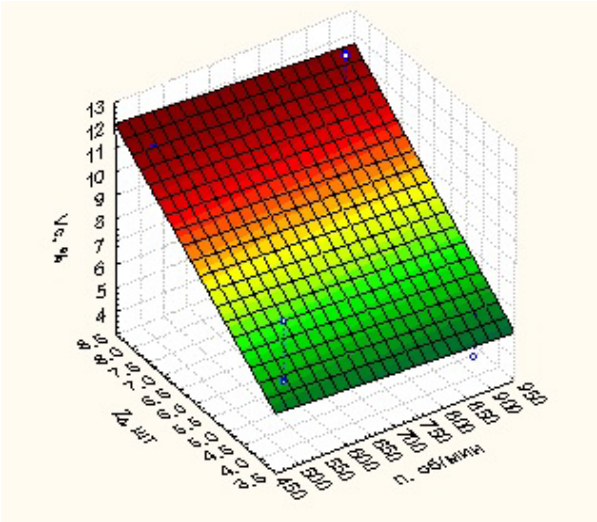


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента неоднородности от частоты вращения и количества отверстий на витках шнека

Далее воспользовавшись пакетом программы «Statistika», провели статический анализ влияния варьируемых конструктивных и технологических параметров на качество получаемых мучных хлебопекарных смесей, проводимый при помощи модуля «Общие регрессионные модели», на основе которого получены три регрессионные модели.

В таблице 4 приведены оценки первой модели (для смеси №1).

Таблица 4 – Оценка модели

Множественный коэффициент корреляции, *R*	0,999
Множественный коэффициент детерминации, R^2	0,998
Скорректированный коэффициент корреляции, *R*	0,992
F-критерий	175,074
p уровень	0,005

Поскольку множественный коэффициент корреляции *R*, практически равен единице, можно с уверенностью сказать, что коэффициент неоднородности сильно зависит от изменяемых технологических и конструктивных параметров. Множественный коэффициент детерминации R^2 полученной модели, также стремится к единице и показывает, что доля дисперсии зависимого коэффициента неоднородности, объясняемая полученной моделью зависимости, равна 99,8 %. Критерий Фишера равный 175,074, единиц говорит о том, что полученная модель является адекватной. Следовательно, ее с высокой степенью точности можно применять для дальнейшего предсказания коэффициента неоднородности в исследуемых рамках технологических и конструктивных параметров работы СНД центробежно-шнекового типа.

В таблице 5 представлены коэффициенты модели. Статистическая значимость (p-уровень) у половины коэффициентов низкая, в пределах 4,7-5,5 %, у второй половины завышена 54,45-98,01 %. Это показывает, что каждый найденный коэффициент с вероятностью равной соответствующей ему статической значимостью говорит о том, что найденная зависимость является лишь случайной особенностью данной выборки. В соответствии с этим поговорим о коэффициентах Beta, показывающих уровень влияния варьируемых переменных величин от коэффициента неоднородности. Итак, из таблицы 5 видно, что наибольшее влияние на V_C оказывает число витков шнека смесителя *Zv*, совместное воздействие частоты вращения ротора и числа отверстий на витках шнека n-Z_O, а также частоты вращения ротора и числа отверстий витков шнека смесителя n-Z_V. Влияние Z_O на V_C незначительно, а к *n* и Z_O-Z_V сводится к минимуму.

Таблица 5 – Коэффициенты модели

	Vc, % ***Param.***	***Vc, %*** ***t***	***Vc, %*** ***p***	***Vc, %*** ***Beta***
n	–0.0006	–0.20	0.85	–0.05
Z_O	–0.30056	–0.72	0.54	–0.21
Z_V	3.65	4.40	0.04	1.27
$n\ Z_O$	0.002	4.06	0.05	1.18
$n\ Z_V$	–0.004	–4.10	0.05	–1.19
$Z_O\ Z_V$	–0.003	–0.02	0.98	–0.007

Уровень значимости у всех коэффициентов находится в пределах 0,9-0,04, что говорит об их высокой статистической весомости.

Сложив коэффициенты (параметры модели Param) из таблицы 5, получаем уравнение регрессии, позволяющее прогнозировать численные значения коэффициента неоднородности:

$$V_C = -0{,}00068 \cdot n - 0{,}3 \cdot Z_O + 3{,}65 \cdot Z_v + 0{,}002 \cdot n \cdot Z_O - 0{,}004 \cdot n \cdot Z_v - 0{,}003 \cdot Z_O \cdot Z_v. \quad (3)$$

Применив данное регрессионное уравнение сравним значения коэффициента неоднородности, полученные расчетным путем с экспериментальными. Результат полученных данных представлен в таблице 6 [12]. Разница экспериментальных и расчетных значений определена с помощью относительной погрешности по формуле:

$$\Delta V_C = \frac{\left|V_C^{\text{Набл}} - V_C^{\text{Пред}}\right|}{V_C^{\text{Набл}}} \cdot 100\% \quad (4)$$

Таблица 6 – Сравнение экспериментальных и расчетных значений *Vc* для смеси №1

№	***V_C*, %** **экспериментальные**	***V_C*, %** **расчетные**	**Относительная погрешность, %**
1	5,95	5,70	3,67
2	8,56	8,30	2,97
3	9,37	9,11	2,71
4	11,2	11,69	4,38
5	5,6	5,39	3,61
6	3,79	4,25	12,25
7	12,06	12,52	3,85
8	11,95	11,35	4,98

Из таблицы 6 видно, что погрешность для каждого исследования достаточно мала, а ее среднее значение составляет 4,80 %, следовательно, модель, полученная в ходе исследования, считается адекватной и ее можно использовать для дальнейших предсказаний коэффициента неоднородности хлебобулочной смеси № 1.

Далее провели аналогичные статические анализы влияния всех варьируемых конструктивных и технологических параметров на качество мучных хлебопекарных смесей № 2 и 3, проводимые при помощи модуля «Общие регрессионные модели», на основе которого получены регрессионные модели.

Для смеси №2:

$$V_C = 0{,}0056 \times n + 0{,}298 \times Z_0 + 0{,}844 \times Z_V - 0{,}0006 \times n \times Z_0 - 0{,}0002 \times n \times Z_V + 0{,}074 \times Z_0 \times Z_V . \quad (5)$$

Для смеси №3:

$$V_C = 0{,}004 \times n + 0{,}335 \times Z_0 + 1{,}47 \times Z_V - 0{,}0011 \times n \times Z_0 - 0{,}106 \times n \times Z_V + 0{,}074 \times Z_0 \times Z_V . \quad (6)$$

Полученные регрессионные модели являются адекватными, поскольку значения средней относительной погрешности между экспериментальными и модельными значениями полученных коэффициентов неоднородности для всех мучных хлебопекарных смесей не превышало 10 % и составило: для смеси № 1 – 4,8 %, № 2 – 9,06 % и №3 – 9,08 %.

На следующем этапе исследований были проведены пробные выпечки хлеба из мучных хлебопекарных смесей, полученных при выявленных оптимальных параметрах работы центробежно-шнекового смесителя и изучена биологическая ценность полученного хлеба.

При полученных рациональных паромерах работы нового центробежно-шнекового смесителя, были приготовлены мучные хлебопекарные смеси на основе которых, произведена выпечка хлебобулочных изделий для питания спортсменов (рисунок 3).

а) б) в)

Рисунок 3 – Хлеб, приготовленный из мучных хлебопекарных смесей:
а) Смесь №1; б) Смесь №2; в) Смесь №3

Далее была изучена биологическая ценность хлеба, которую определяли по результатам аминокислотного анализа образцов и контроля (рис. 4 и 5). В качестве контрольного образца был взят хлеб, приготовленный из муки первого сорта без добавок (табл. 1).

Установлено, что содержание аминокислот во всех образцах хлеба, приготовленных из разработанных мучных хлебопекарных смесей и при оптимальных параметрах работы центробежно-шнекового смесителя значимо выше, чем в контрольном образце.

Анализ аминокислотного скора образцов, приготовленных из мучных хлебопекарных смесей, показал, что содержание ограниченных для хлеба незаменимых аминокислот повысилось. По отношению к контрольному образцу хлеб приготовленный из хлебопекарной смеси № 1, показал, что аминокислотный скор изолейцина увеличился до 41 %, лейцина – до 9 %, лизина – до 10 %, валина – до 26 %, треонина – до 43 %, метионина и цистина – до 30 %, фенилаланина и тирозина – до 38 %. В зависимости от рецептуры хлеба содержание аминокислот по сравнению с контролем увеличилось на 83-97 % для аргинина, на 52-61 % для тирозина, на 52-66 % для фенилаланина, на 72-74 % для гистидина, на 91 % для суммы лейцина и изолейцина, на 53-56 % для метионина, на 90-97 % для валина, на 64-72 % для пролина, на 87-93 % для треонина, на 58-87 % для серина и на 74 % для аланина. Таким образом, во всех образцах хлеба содержание аминокислот возросло по сравнению с

контрольным образцом, а, следовательно, и увеличилась биологическая ценность в данных хлебобулочных изделиях.

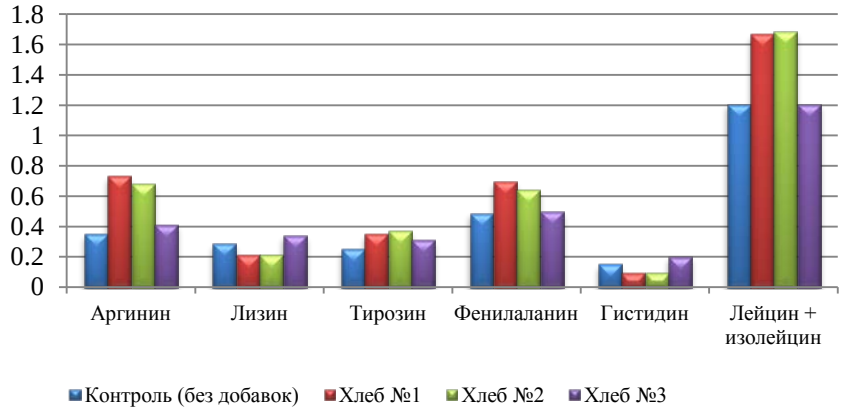


Рисунок 4 – Сравнительный аминокислотный анализ

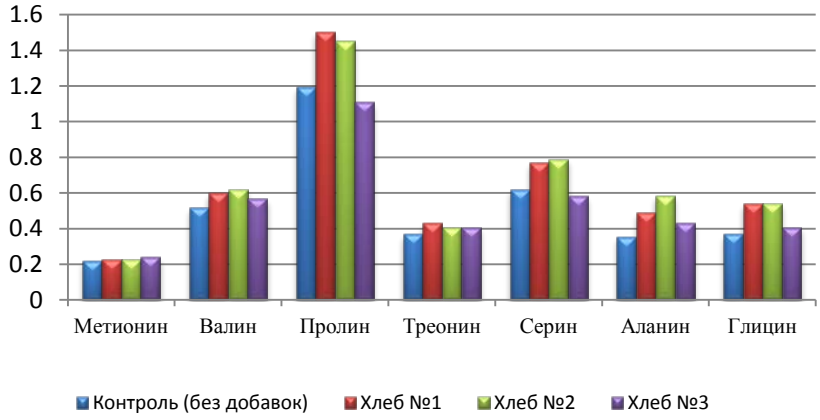


Рисунок 5 – Сравнительный аминокислотный анализ

По результатам аминокислотного анализа выявлено, что:

1. хлеб из мучной хлебопекарной смеси № 1 содержит повышенное количество аргинина, фенилаланина, пролина, треонина и глицина;
2. хлеб из мучной хлебопекарной смеси № 2 содержит повышенное количество тирозина, валина, серина, аланина, глицина, а также суммы лейцина и изолейцина;
3. хлеб из мучной хлебопекарной смеси № 3 содержит повышенное количество лизина, гистидина, метионина.

Следовательно, наибольшей биологической ценностью обладают мучные хлебопекарные смеси № 2 и № 1 поэтому именно их целесообразно применять для выпечки хлеба функционального назначения для питания людей с повышенной жизненной активностью, например, спортсменам.

Для определения экономического эффекта от продажи, обогащенной мучной хлебопекарной смеси, приготовленной на центробежно-шнековом смесителе, произведен расчет исходя из ориентировочной стоимости центробежно-шнекового смесителя 500 тыс. руб. и срока его службы 10 лет.

Фонд заработной платы на одного человека составит:

18 000 руб. × 1 чел. = 18 000 руб. (8)

Расход электроэнергии на работу смесителя в месяц:

0,75 кВт × 26 рабочих дней × 8 ч. = 156 кВт/час. (9)

Стоимость электроэнергии (на 1 июня 2017г. по Кемеровской области) равна:
3,15 руб. × 156 = 491,4 руб. (10)

Амортизационные отчисления (линейные) от стоимости центробежно-шнекового смесителя:
500 000 / 10 лет /12 мес. = 4167 руб. в месяц. (11)

Транспортные расходы на доставку оборудования составят: 8000 руб.
Непредвиденные расходы: 20000 руб.
Производительность смесителя в месяц:
200 кг/ч × 8 ч. × 26 р.д. = 41600 кг. (12)

Тогда годовой объем производства:
41600 кг × 12 мес. = 499200 кг. (13)

Итак, операционные затраты на производство хлебопекарных смесей составят:
(18000 + 491,4 + 4167 + 8000 + 20000) = 50658,4 руб./ 41600 кг = 1,22 руб./ кг. (14)

Далее определили себестоимость сырья для приготовления мучных хлебопекарных смесей, состоящей из суммы операционных затрат и средней стоимости сырья (50 руб./кг):
(50 + 0,39) = 50,39 руб./кг. (15)

Тогда годовая себестоимость будет равна:
50,39×41600×12 = 25154688 руб./год. (16)

Операционная прибыль (и в итоге чистая) определялась как разница между годовой себестоимостью и операционными затратами:
25154688– 50658,4 = 25104029,6 руб./год. (17)

Тогда срок окупаемости центробежно-шнекового смесителя для производства хлебопекарных смесей составит:
500000 руб. /25104029,6 руб./год. = 0,02 года. (18)

Выводы

1. По результатам комплексных исследований доказано, что использование центробежно-шнекового смесителя позволяет получать обогащенную аминокислотами мучную хлебопекарную смесь хорошего качества, при этом значение коэффициента неоднородности смеси не превышает 5 %.
2. Определены оптимальные параметры работы смесителя для разных вариантов мучных хлебопекарных смесей. Для смеси № 1 и смеси № 2 оптимальными параметрами работы смесителя являются: частота вращения ротора 900 об/мин, количество витков шнека 4, количество отверстий на витках шнека 4. Для смеси № 3: частота вращения ротора 500 об/мин, количество витков шнека 2, количество отверстий на витках шнека 8.
3. Содержание аминокислот во всех образцах хлеба, выпеченных из изученных смесей, существенно выше по сравнению с контролем. Наибольшей биологической ценностью обладают мучные хлебопекарные смеси № 2 и № 1. Поэтому именно их целесообразно применять для выпечки хлеба функционального назначения для питания людей с повышенной жизненной активностью, например, спортсменам.
4. Установлено, что операционные затраты на производство 1 килограмма такой муки составят 0,39 руб. Себестоимость сырья для приготовления 1 килограмма обогащенной мучной хлебопекарной смеси, составляет 50,39 руб. Если принять отпускную цену муки

равной 70 руб. за 1 кг, то срок окупаемости центробежно-шнекового смесителя составляет 0,02 года.

Список литературы

1. Мусина, О. Н. Системное моделирование многокомпонентных продуктов питания/ О. Н. Мусина, П. А. Лисин // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 4, № 27. – С. 32–37.

2. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: a case study / O. Musina [et al.] // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Т. 64. – С. 48–59, DOI: 10.1016/j.tifs.2017.03.011.

3. Невская, Е. В. Разработка технологий хлебобулочных изделий для питания спортсменов силовых и скоростно-силовых видов спорта / Е. В. Невская, Л. А. Шлеленко, М. Н. Костюченко // Вопросы питания. –2015. – Т. 84, № 3. – С. 45–46.

4. Невская, Е. В. Разработка технологий хлебобулочных изделий для питания спортсменов / Е. В. Невская, Л. А. Шлеленко // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 3. – С. 46–48.

5. Стабровская, О. И. Гликемический индекс как критерий оптимизации состава многокомпонентных смесей / О. И. Стабровская, О. Г. Короткова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 1. – С. 34–36.

6. Стабровская, О. И. Комплексный подход к разработке хлебопекарных смесей / О. И. Стабровская, О. А. Гарифуллина // Хлебопечение России. – 2008. – № 2. – С. 17–18.

7. Бобков, В. А. Управление реологическими свойствами мучных смесей / В. А. Бобков, Г. Н. Панкратов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 11. – С. 31–35.

8. Разработка центробежно-шнекового смесителя для получения сухих композитных смесей для питания спортсменов / Д. М. Бородулин [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 3. – С. 53–56.

9. Исследование эффективности практического применения центробежных смесителей непрерывного действия в технологических линиях производства комбинированных продуктов питания / Д. М. Бородулин [и др.] // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 3-1. – С. 9–13.

10. Design of Drum Type Apparatus for Processing of Bulk Materials / V. N. Ivanec [et al.]// Procedia Chemistry. – 2014. – № 10. – P. 391–399. DOI: 10.1016/j.proche.2014.10.066.

11. Reception of two and three-phase combined dispersive systems with the use of centrifugal mixer / A. M. Popov V. V. Tikhonov, N. V. Tikhonov, D. M. Borodulin // Procedia Chemistry. – 2014. – № 10. – P. 400–409. DOI: 10.1016/j.proche.2014.10.067.

12. Анализ функционирования центробежно-шнекового смесителя методом множественной регрессии при получении мучной хлебопекарной смеси для приготовления хлебобулочных изделий для питания спортсменов / Д. М. Бородулин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 2. – С. 91–100.

13. Бобков, В. Анализ однородности мучных композитных смесей по показателю белизны / В. Бобков // Хлебопродукты. – 2009. – № 5. – С. 57–59.

14. Бакин, И.А. Стохастический подход к оценке качества смешивания сыпучих материалов в центробежных смесителях / И.А. Бакин, Г.Н. Белоусов, А.З. Ядута // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 7. – С. 58-61.

15. Моделирование движения материальных потоков в центробежно-шнековом смесителе / Д. М. Бородулин [и др.] // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 1. – С. 102–108.

16. Ivanets, V. N. Development of mathematical models of centrifugal mixing units of new design for the production of dry combined food products / V. N. Ivanets, D. M. Borodulin // Foods and Raw Materials. – 2013. – № 1. – P. 54–65.

УДК 637.5.07

ИСКУССТВЕННЫЙ ХОЛОД В ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

И. В. Буянова*, Б. А. Рскелдиев**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Алматинский технологический университет, г. Алматы, Республика Казахстан

Государственная программа в области развития техники и технологий предполагает инновационный путь развития пищевой отрасли, в цикле которого (наука – технология – производство – рынок) науке отводится первостепенное место. Научные исследования в рамках этой программы позволят реализовать задачи, которые ориентированы на повышение качества жизни людей, обеспечение населения высококачественной, биологически полноценной продукцией на базе внедрения новых интенсивных технологий в пищевую технологию.

Производители молочной продукции, стремясь предвидеть запросы потребителей, все больше внимания уделяют ее биологической безопасности и качеству. В условиях расширения молочного рынка большинство предприятий отрасли ориентировано на выпуск и поставки продукции с увеличенными сроками годности, что решает проблемы сохранения свойств и снижения микробиологических рисков по всей технологической цепочке производство – потребитель. Кроме того, широкая интеграция между странами, регионами определяет выпуск продуктов длительного хранения [1].

Для улучшения структуры питания и бесперебойного снабжения населения молочными продуктами в течение всего года, холодильная технология сможет обеспечить сохранение качества этой скоропортящейся продукции.

Особое место в технологии холодильного консервирования продуктов занимают методы холодильной обработки, которые приведут к существенному преобразованию в системе поставок. В современной холодильной технологии с этой целью используют охлаждение, подмораживание и замораживание. В случае необходимости длительного хранения полуфабрикатов или готового продукта оказывают предпочтение одному из лучших способов сохранения исходных свойств – замораживанию. Низкотемпературная обработка значительно сохраняет высокое качество пищевых продуктов, вызывая минимальные изменения питательной ценности, органолептических характеристик, а также существенно снижает потери массы во время хранения, продлевает сроки хранения до года и более [2, 3].

Это наиболее сложный способ с технологической и теплофизической позиции, но и самый эффективный и перспективный. С точки зрения преимущества следует отметить экономичность в отношении удельного расхода энергии и вспомогательных материалов.

Во всем мире замораживание считают наиболее эффективным и перспективным способом продления сроков хранения до года и более.

Действие низких температур сводится к закону Аррениуса: при снижении температуры продукта на 10 К интенсивность проходящих в нем реакций уменьшится в 2–4 раза и в той же степени возрастет пригодность продукта для хранения. Торможение нежелательных химических реакций и микробиологических процессов относится к основному условию длительного хранения.

В Кемеровском государственном университете сформировано научное направление, в рамках которого решаются научные и технические задачи по увеличению сроков годности пищевых продуктов на основе принципов холодильной технологии и вакуумного сгущения молочного сырья. Состояние вопроса говорит о недостаточности и порой противоречивости сведений о влиянии низких температур на качество продуктов, об условиях хранения и размораживания. Проведенные ранние исследования в нашей стране и многообразие используемых технологий за рубежом явились основанием для продолжения исследований применительно к отечественным видам сыров с целью управления технологическим

процессом их хранения. Применение замораживания распространяется в отношении повышения хранимоспособности творога, творожных продуктов, полутвердых, мягких и рассольных сыров [1, 2, 4].

Искусственный холод признан в мировой практике как наиболее эффективный, экологически безопасный и доступный способ консервирования. Холодильная технология решает проблемы сохранения первоначальных свойств и снижения микробиологических рисков. Методом замораживания сохраняется качество сыров, творога на межсезонный период, создавая достаточные резервы для производства и торговли.

Определенный интерес к проблеме увеличения сроков хранения вызывают твердые сыры. На рынке молочных продуктов в секторе сыроделия значение имеет концепция насыщения потребительского рынка высококачественными сырами для постоянного удовлетворения потребительского спроса на них. В сегменте кисломолочных продуктов творог и творожные продукты занимают самое устойчивое положение и имеют высокий потребительский спрос [1, 4, 5].

В связи с этим научные исследования посвящены разработке научно обоснованных режимных параметров холодильной обработки молочных белковых продуктов с целью создания технологии длительного хранения. Управляя механизмом замораживания, становится возможным максимально сохранить первоначальные свойства объекта, снижая повреждающее действие холода [2, 4, 6].

Решались следующие задачи: определение теплофизических, физико-химических основ холодильной обработки сыров, творожных продуктов основных видовых групп и разработка технологических режимов и сроков годности.

Проведенный анализ компонентного состава сыров, состояния и свойств воды, а также его микроструктуры дают возможность рассматривать этот молочный продукт как хороший объект для холодильной обработки. Многие ранее проведенные исследования отечественных и зарубежных ученых давали рекомендации по режимам проведения цикла замораживание-оттаивание. При этом необходимо учитывать отличительные особенности продукта, обусловливающие сложный механизм замерзания

Замораживание продуктов осуществляли на экспериментальном плиточном морозильном аппарате, конструкция которого позволяла изменять и поддерживать температуру воздуха в камере до −100 °С и скорость потока до 10 м /с. Стенд оснащен автоматическими потенциометрами, блоком хромель-копелевых термопар и датчиками теплового потока, которые позволяют получать кинетику теплоотвода в процессе замораживания и рассчитывать среднеинтегральные значения коэффициента теплоотдачи.

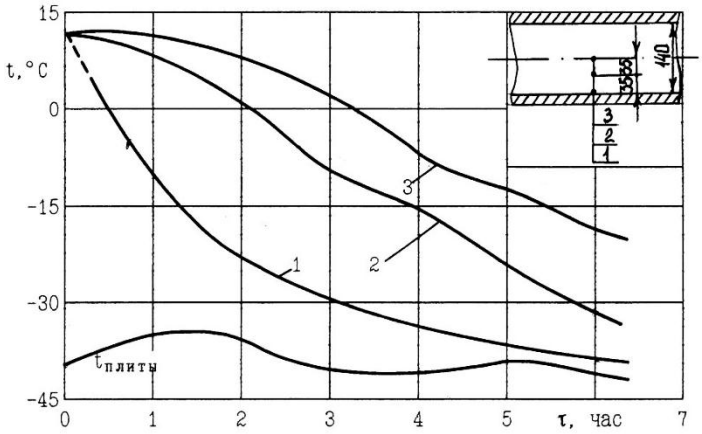


Рисунок 1 – Послойное снижение температуры в бруске сыра «Советский» при замораживании: 1 – периферийный слой; 2 – средний слой; 3 – центральный слой. Температура плиты в среднем −43 °С, массовая доля жира в сухом веществе сыра – 50 %, массовая доля влаги – 36,0 %

Основным экспериментальным материалом служили термограммы процесса, по которым определяли основные показатели: продолжительность и среднюю скорость замораживания (рис. 2). Замораживание блоков сыра и расфасованных творожных продуктов осуществляли до температуры в термическом центре, равной температуре дальнейшего хранения −20 °С

На рис. 2 представлена термограмма процесса замораживания, кинетика которого указывает на плавное, неравномерное снижение температуры по слоям бруска сыра, обусловливающее характер кристаллообразования. Время прохождения фронта кристаллизации в периферийных, средних и центральных слоях различно (разница 3−4 часа). Охлаждение до точки замерзания идет постепенно, водная фаза сыра находится в переохлажденном состоянии, образование льда проходит без крупных кристаллов, сохраняя структуру.

Скорость замораживания среднего и центрального слоев бруска сыра медленная. В первом слое температура −20 °С была достигнута через 4,5 часа, а во втором – через 6,2 часа. При указанной продолжительности замерзания значительной диффузии влаги из микрокапилляров в межзерновое пространство и образования крупных кристаллов льда не происходит.

Установлено, что продолжительность замораживания увеличивается пропорционально росту геометрических размеров головок сыра.

Таким образом, быстрого замораживания сыров в плиточном скороморозильном аппарате в рассматриваемом диапазоне факторов не достигается. В данном случае удается обеспечить среднюю скорость процесса замораживания (5,6–6,0) · 10^{-6} м/с головок сыра в форме бруска толщиной не более 0,14–0,17 м в течение 6,2–7 часов. Соблюдается главное условие процесса – снизить повреждения от действия холода.

Стойкость сыров к замораживанию изучали по способности связывать и удерживать влагу. При этом критерием изменения белкового комплекса сыров служило количество связанной воды или степень его гидратации. Связанная белками влага при замораживании до среднеобъемной температуры −20 °С не затронута кристаллизацией, следовательно влагоудерживающая способность белков остается без изменений. По совокупности проведенных исследований можно констатировать, что степень кристаллизации воды регулирует ход изменений продукта.

На стадии замораживания до −20 °С в центре продукта незамерзаемая вода в форме мономолекулярного слоя адсорбции недоступна для химических реакций и обладает низкой активностью, являясь сдерживающим фактором изменений белкового комплекса и консистенции (рис. 2). Скорость химических реакций значительно снижена при низких температурах замораживания, что указывает на стойкость сыров в хранении.

Для практического использования разработана, по результатам математической обработки экспериментальных данных, номограмма определения продолжительности замораживания в зависимости от температуры морозильной плиты и толщины бруска сыра (рис. 3).

Важно рассмотреть вопросы по изменению качества, которые произошли в продукте во время хранения, и о связи между температурой и допустимыми сроками хранения.

Анализ полученных данных показал, что режимы холодильной обработки сыров существенно приостанавливают течение гидролитических процессов. Лучшие оценки за вкус и запах, высокую общую балльную оценку и низкие потери влаги на любой период хранения имели сыры, хранившиеся при температуре −20 °С в холодильной камере. Полученные результаты доказывают, что быстрое замораживание и низкие температуры хранения позволяют сохранить качество на длительные сроки.

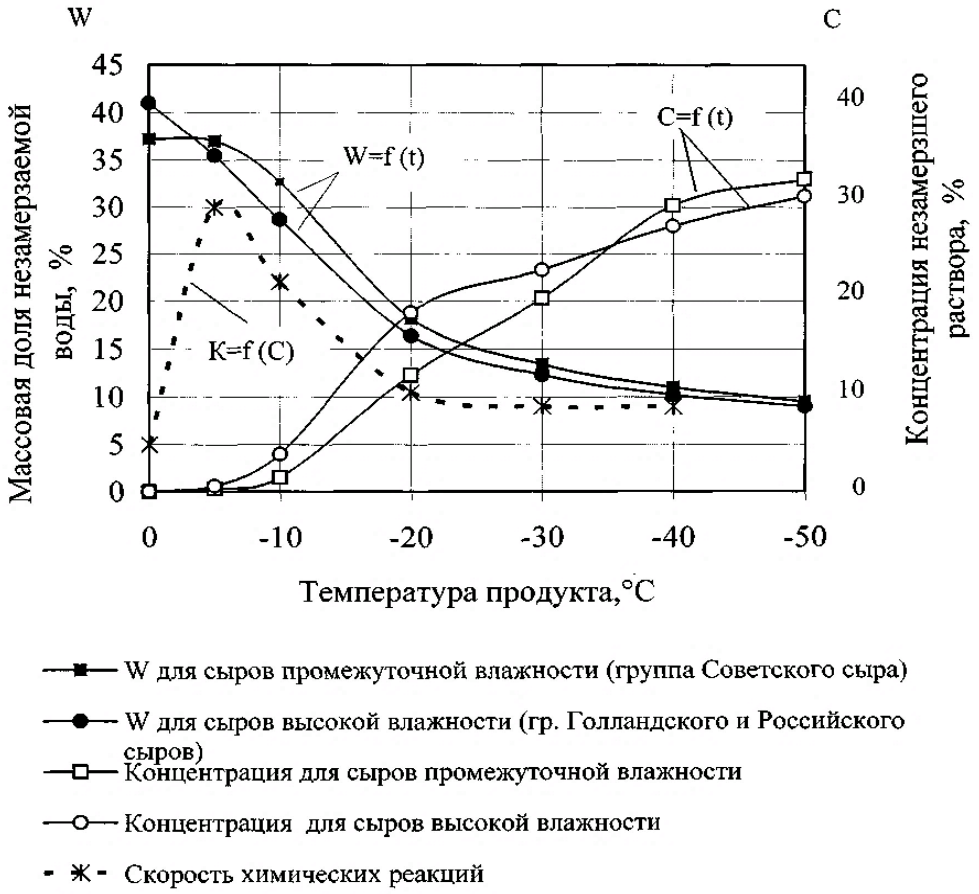


Рисунок 2 – Факторы устойчивости сыров при хранении

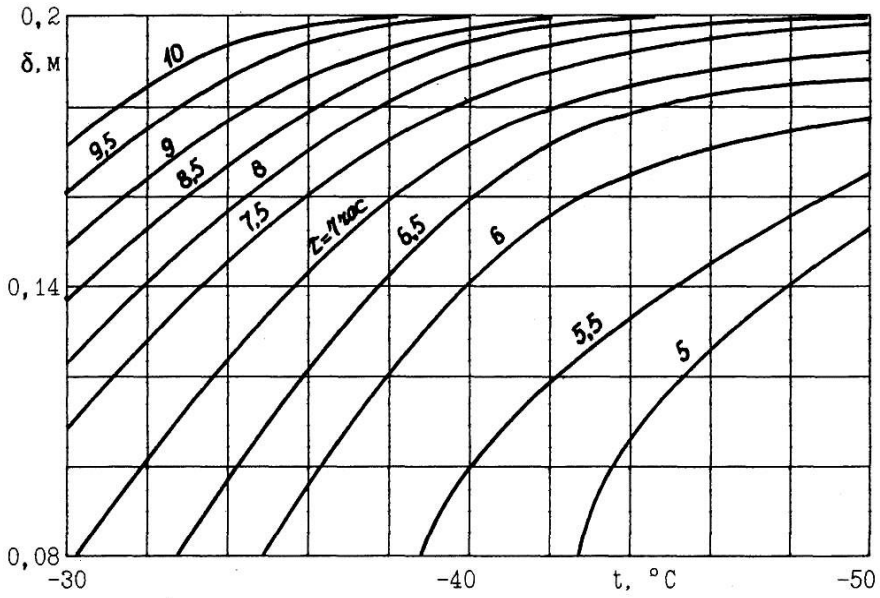


Рисунок 3 – Номограмма для определения условий замораживания сыров стандартных размеров:τ – продолжительность замораживания блока, ч; t – температура морозильной плиты, °С; δ – толщина бруска сыра, м.

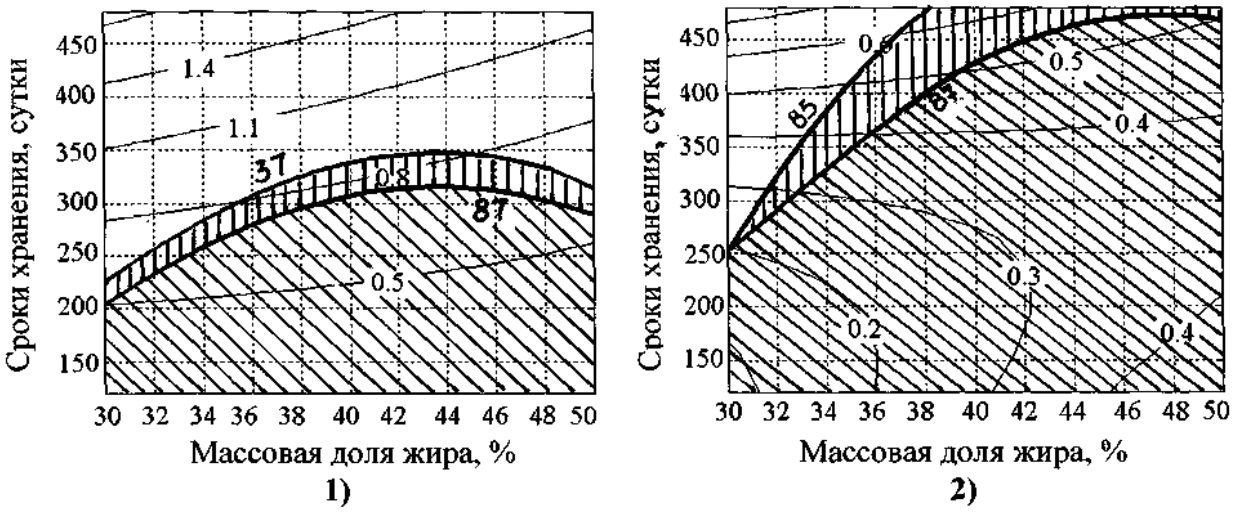


Рисунок 4 – Оптимальные условия хранения замороженных сыров
1) − температура хранения −12 °С; 2) – температура хранения −20 °С
▧ − сыры высшего сорта; ▥ − допустимый уровень высшего качества

Рекомендуемые сроки годности сыров в замороженном состоянии: температура хранения не выше −20… −22 °С, для сыров 30%-ной жирности в течение 270 суток, 40%-ной жирности − 430 суток, от 42 до 48%-ной жирности − 470 суток, и 50%-ной жирности − 450 суток.

Интенсивное, глубокое охлаждение творожных продуктов до температуры – (20 ± 2) °С и рекомендуемые сроки годности опытных образцов в замороженном виде 4–6 месяцев (табл. 1) способствует наилучшему сохранению качества продукта.

Таблица 1 – Рекомендуемые сроки годности творожных продуктов

Наименование творожного продукта	Продолжительность хранения, сут			
	По НТД (+4 ± 2 °С)	Температура хранения, °С		
		охлажденные (+4 ± 2 °С)	переохлажденные(0 ± −3 °С)	замороженные (−20 ± 2 °С)
1	2	3	4	5
1. Творожная масса жирная с курагой 23%-ной жирности	15	15–20	65–70	130–135
2. Сырок творожный с изюмом 23%-ной жирности	11	15–20	35–40	105–110
3. Десерт творожный термизированный 4%-ной жирности	90	105–110	130–135	195–200
4. Паста молочная с творожным кремом 4%-ной жирности	40	40–45	55–60	120–125
5. Сырок глазированный творожный жирный с какао 23%-ной жирности	28	50–60	95–100	140–150

Результаты получены на основе термограмм замораживания творожных продуктов. Так, в творожных сырках с изюмом замерзание воды отмечалось при самых низких температурах −10 °С с последующим замораживанием до среднеобъемной температуры −18 °С в течение 40 минут, в творожной массе с курагой кристаллизация воды началась при −6,2 °С с дальнейшим замораживанием до – (20 ± 2) °С в течение 90 минут. Таким образом, творожные продукты как объекты замораживания отличают низкие криоскопические температуры и, следовательно, продолжительное замораживание.

Замороженные продукты более стойки при хранении, поскольку кристаллизованная вода исключает возможность развития посторонних микроорганизмов. Целесообразно применять высокие скорости замораживания, хранение на специализированном холодильном оборудовании с продлением сроков годности до 8–10 месяцев.

Список литературы

1. Буянова, И. В. Инновационные технологии для продления сроков годности молочных продуктов // Молочная река. – 2015. – № 1. – С. 60–64.

2. Korotkaya, E. Effect of freezing on the biochemical and enzymatic activity of *lactobacillus blgaricus* / E. Korotkaya, I. Korotkiy // Foods and Raw Materials. – 2013. – № 2. – P. 9–14.

3. Maiorov, A. A. Analysis of living and reproductive parameters of microorganisms / A. A. Maiorov // Foods and Raw Materials. – 2013. – Т. 1, № 2. – P. 3–8.

4. Buaynov, O. N. The physical and chemical changes of water and the hydration of the protein complex in cheese during freezing / O. N. Buaynov, I. V. Buaynova // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 13–18.

5. Орлова, Е. А. Некоторые аспекты хранимоспособности фасованных сыров / Е. А. Орлова, В. А. Мордвинова, С. Г. Ильина // Молочная промышленность. – 2017. – № 5. – С. 34–36.

6. Состояние кристаллов льда в традиционном мороженом при хранении / А. А. Творогова [и др.] // Молочная промышленность. – 2016. – № 8. – С. 57–58.

УДК 664

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ШНЕКОВЫХ ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРОВ

Д. В. Доня
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Правительством Российской Федерации поставлена важная цель по улучшению основных социально-демографических показателей жизни населения, увеличению продолжительности жизни в среднем до 75 лет. Для воплощения этой цели были утверждены «Основы государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации на период до 2020 года» [N 1873-р от 25 октября 2010 года]. Основным из направлений в данной политике является развитие отечественного производства функциональных пищевых полуфабрикатов и специальных продуктов лечебного и профилактического назначения, что позволит обезопасить продовольственную ситуацию в стране и направить ее на поддержание здорового образа жизни населения. На основании вышеизложенного, функциональное питание должно стать одним из приоритетных направлений пищевой промышленности. К перспективным методам получения полуфабрикатов и готовой продуктов питания можно отнести экструзию, которая позволяет получать легкоусвояемые продукты с хорошими вкусовыми качествами [1].

Течение материала в канале шнека, предматричной зоне и, непосредственно, в фильере матрицы это сложный взаимосвязанный процесс, но отличающийся один от другого характером течения [2]. Для понимания происходящих с продуктом процессов можно использовать реологические уравнения течения, которые показывают зависимость напряжений от скорости деформации, его характера и свойств материала. На каждом из этих участков материал подвергается различным воздействиям, определяющим его реологическое поведение. Изучением процессов течения материала с различными видами воздействий занимается реодинамика. Таким образом, применение реологических исследований является актуальным при проектировании, усовершенствовании оборудования для любого процесса и для экструзии так же [3].

Теоретической основой для проведения исследований процессов движения продуктов в шнековых пресс-грануляторах являются основные законы механики деформируемых сред [4]. Общие уравнения можно выразить тремя основными законами сохранения массы, импульса и энергии.

Закон сохранения массы говорит о том, что изменение массы продукта в любом объеме равно ее потоку через поверхность, окружающую этот объем:

$$\frac{d\rho}{dt} + \frac{d(\rho v)}{dx} + \frac{d(\rho u)}{dy} + \frac{d(\rho \omega)}{dz} = 0,$$

где: *d/dx*; *d/dy*; *d/dz* – проекции скоростей продукта в данной точке на оси прямоугольной декартовой системы координат;
ρ – плотность продукта в этой точке;
t – время.

Данное уравнение связывает локальные и конвективные изменения плотности продукта с изменением скоростей при переходе от данной фиксированной точки:

$$\theta = \frac{dv_x}{dx} + \frac{dv_x}{dy} + \frac{dv_x}{dz}.$$

Закон сохранения импульса означает, что изменение количества движения продукта в малом фиксированном объеме равняется потоку количества движения через окружающую

этот объем поверхность, с добавлением массовых и поверхностных сил, приложенных к этому объему:

$$p\left(\frac{dv_k}{dt}+v_x\frac{dv_k}{dx}+v_y\frac{dv_k}{dy}+v_z\frac{dv_k}{dz}\right)=\rho G_k-\frac{dp}{dk}+2\frac{d}{dk}\left(\eta\frac{dv_k}{dx}\right)+\frac{d}{dl}\left[\eta\left(\frac{dv_l}{dk}++\frac{dv_k}{dl}\right)\right]+$$
$$+\frac{d}{dm}\left[\eta\left(\frac{dv_m}{dk}+\frac{dv_k}{dm}\right)\right]-\frac{2}{3}\frac{d}{dk}\eta\theta,$$

где: $k, l, m = x, y, z$;

G_k – проекция объемной силы на ось k;

η – вязкость продукта.

Закон сохранения энергии гласит, что в фиксированном малом объеме продукта изменение полной энергии, складывающейся из кинематической и внутренней энергий, равно потоку кинематической и внутренней энергий через окружающую этот объем поверхность и тепловому потоку через эту поверхность, сложенному с работой напряжений над этим объемом:

$$p\left(\frac{dE}{dt}+v_x\frac{dE}{dx}+v_y\frac{dE}{dy}+v_z\frac{dE}{dz}\right)=\varepsilon-p\theta+\frac{1}{A}\left[\frac{d}{dx}\left(\lambda\frac{dT}{dx}\right)+\frac{d}{dy}\left(\lambda\frac{dT}{dy}\right)++\frac{d}{dz}\left(\lambda\frac{dT}{dz}\right)\right]+D,$$

где: E – внутренняя энергия единицы массы;

λ – коэффициент теплопроводности продукта;

T – температура частицы продукта;

ε – приток тепла за единицу времени в единице объема продукта вследствие причин, отличных от теплопроводности;

A – термические эквивалент работы;

D – диссипативная функция, представляющая собой механическую работу сил вязкости, выделившуюся необратимо в виде тепла в единице объема продукта за единицу времени:

$$D=\eta\left[2\left(\frac{dv_x}{dx}\right)^2+2\left(\frac{dv_y}{dy}\right)^2+2\left(\frac{dv_{xz}}{dz}\right)^2+\left(\frac{dv_x}{dy}+\frac{dv_y}{dx}\right)^2+\left(\frac{dv_x}{dz}+\frac{dv_z}{dx}\right)^2+\left(\frac{dv_y}{dz}++\frac{dv_z}{dy}\right)^2\right]-$$
$$\frac{2}{3}\eta\theta^2.$$

Задача энергетического анализа процесса переработки продуктов сводится к совместному решению уравнений законов сохранения массы, импульса и энергии. При этом граничными и начальными условиями будут следующие: давление в аппарате должно быть непрерывным, конечным и положительным, скорости потока также должны быть непрерывны и ограничены, а на неподвижных стенках обращаться в нуль:

$$u = 0;\ v = 0;\ w = 0.$$

На подвижных частях аппарата скорости продукта должны совпадать со скоростями точек аппарата:

$$u = u_т;\ v = v_т;\ w = w_т.$$

На свободных границах нормальная составляющая напряжения должна быть равна постоянному давлению, касательная должна обращаться в нуль, т.е.:

$$p_{nn} = -p_0;\ p_{n\tau} = 0.$$

При неустановившемся движении скорости должны удовлетворять начальным условиям, при $t = 0$:

$$u = u_0\,(x, y, z);\ v = v_0\,(x, y, z);\ w = w_0\,(x, y, z).$$

Однако имеется затруднение как в общем исследовании вопросов о существовании и единственности решений уравнений сохранения массы, энергии и импульса, так и в фактическом построении решений уравнений для конкретных случаев движения продукта. Это связано с нелинейностью слагаемых, так называемых квадратичных членов инерции, и переменности η. Не существует и общего метода построения решений нелинейных дифференциальных уравнений, по этой причине при изучении движения продукта имеется два способа [5]:

1) заранее задаются траектории движения всех отдельных частиц продукта и устанавливаются отвечающие этим траекториям частные решения уравнений сохранения массы, энергии и импульса;

2) приближенный метод, позволяющий в той или иной степени упростить уравнения сохранения массы, энергии и импульса и приспособить их к характеру отдельной задачи.

Первый метод применим весьма ограниченно, так как заранее задавать траектории всех частиц продукта в конкретном случае можно лишь в ограниченном числе случаев. Второй метод, заключающийся в использовании разного рода упрощений, имеет более широкие возможности применения. Еще более упростить решение можно рассматривая не объемную, а плоскую задачу. Однако основная проблема состоит в выборе формы представления реологического уравнения состояния продуктов, т.к. это существенно определяет сложность математической разработки исследуемых процессов.

Переменность вязкости объясняется аномально-вязким поведением продукта, причиной которому являются возникающие в нем образования, продолжительность жизни которых зависит от механического воздействии на него. В состоянии покоя в продукте происходит равновесный процесс агрегации и разрушения структуры, наложение на него напряжений сдвига нарушает равновесие и происходит изменение вязкости. Кроме аномалии вязкости при течении продукты проявляют и другие свойства, такие как пластичность, сдвиговую упругость, эластичность и т.д., которые обусловлены их структурой [6].

К настоящему моменту учеными предложен ряд разнообразных реологических уравнений состояния различных продуктов (таблица 1) [7, 8], каждое из которых содержит некоторое количество эмпирических параметров, которые определяются в зависимости от физических и термодинамических свойств деформационного состояния продукта (скорость сдвига, напряжение, состав и т.д.). Однако каждое реологическое уравнение является идеализацией действительного деформационного проведения продукта.

Таблица 1 – Реологические уравнения сложных идеальных тел

п/п	Тело	Описывающее уравнение
1	Ньютона	$\tau = \eta\,\dot{\gamma}$
2	Оствальда-де-Вале	$\tau = B_0\dot{\gamma}^n$
3	Гершеля – Балкли	$\tau = \tau_0 + B_0\dot{\gamma}^n$
4	Шведова – Бингама	$\tau = \tau_0 + \eta_{\text{пл}}\dot{\gamma}$
5	Сен–Венана	$\tau = \tau_{\text{т}}$
6	Максвелла	$\dot{\gamma} = \frac{\tau}{\mu_i} + \frac{\tau}{\eta}$
7	Пойнтинга	$\gamma = \tau/\psi$
8	Кельвина–Фойгта	$\dot{\gamma} = e^{-\mu t/\eta_s} \cdot \left(\gamma_0 + \frac{1}{\eta_s}\int_0^t \tau\, e^{-\mu t/\eta_s} dt\right)$

Продолжение таблицы 1

9	Летерзиха	$\dot{\gamma} = \tau\,\frac{\eta+\eta_s}{\eta\,\eta_s} - \frac{\mu}{\eta_s}\,e^{-\mu t/\eta_s}\left(\gamma_0 + \frac{1}{\eta_s}\int_0^t \tau\,e^{-\mu t/\eta_s}dt\right)$
10	Джеффриса	$\dot{\gamma} = e^{-\mu_M t/\eta_M}\cdot\left(\tau_0 + \mu_M\int_0^t \dot{\gamma}\,e^{-\mu_M t/\eta_M}dt\right) + \eta_N\dot{\gamma}$
11	Пойнтинга-Томсона	$\tau = \gamma\,\mu_M + e^{-\mu_M t/\eta_M}\cdot\left(\tau_0 + \mu_M\int_0^t \dot{\gamma}\,e^{-\mu_M t/\eta_M}dt\right)$
12	Бюргерса	$\dot{\gamma} = \tau\frac{\eta+\eta_s}{\eta\,\eta_s} + \frac{\dot{\tau}}{\mu_i} - \frac{\mu}{\eta_s}e^{-\mu t/\eta_s}\left(\gamma_0 + \frac{1}{\eta_s}\int_0^t \tau\,e^{-\mu t/\eta_s}dt\right)$
13	Фарбмана	$\gamma = \frac{\sigma_H}{E_H} + (\sigma_B - \sigma_H)\,\frac{t_B}{\eta_B} + \sigma_K\,\frac{1-e^{E_H t_K/\eta_K}}{E_K}$
14	Шофильд–Скотт–Блэра	$\dot{\gamma} = (\tau-\tau_T)\frac{\eta_{\text{пл}}+\eta_s}{\eta_{\text{пл}}\,\eta_s} + \frac{\dot{\tau}}{\mu_i} - \frac{\mu}{\eta_s}e^{-\mu t/\eta_s}\left(\gamma_0 + \frac{1}{\eta_s}\int_0^t (\tau - -\tau_T)\,e^{\mu t/\eta_s}dt\right)$

Несмотря на громоздкость некоторых реологических уравнений, они не в состоянии описать деформационное поведение всего спектра материалов с достаточной степенью точности. Даже при простоте аналитических представлений реологических уравнений общее аналитическое решение этих уравнений весьма сложно. Однако при применении соответствующих граничных условий и допущений возможно получение частных решений [9].

Нами проведены исследования реологического поведения на примере инстантированных гранулированных продуктов полученных из следующих сыпучих компонентов: №1 сахар-песок, картофельный крахмал, мякоть ягоды брусники; №2 сахар-песок, картофельный крахмал, мякоть ягоды брусники и аронии, в качестве связующей жидкости использовался концентрированный сок брусники. Исследования проводились в лаборатории «Реологии» кафедры «Машины и аппараты технологических систем» КемГУ. Для определения зависимости скорости сдвига от напряжения сдвига проводились исследования на ротационном вискозиметре «Rheotest-2», смеси исходных компонентов с различных содержанием связующего раствора. Обработку экспериментальных данных производили с помощью программы «Виртуальная модель кривых течения» (свидетельство об официальной регистрации № 2008612695) [10]. Результаты исследования представлены на рисунке 1 и 2.

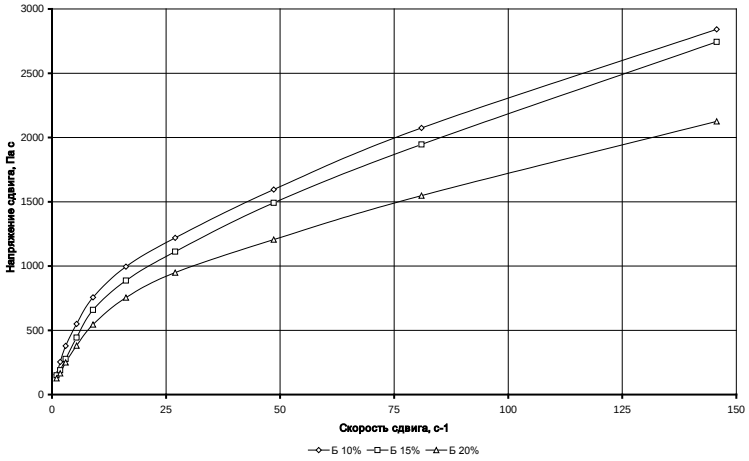


Рисунок 1 – Кривые течения образца №1 при влажности *W* 10, 15, 20 %

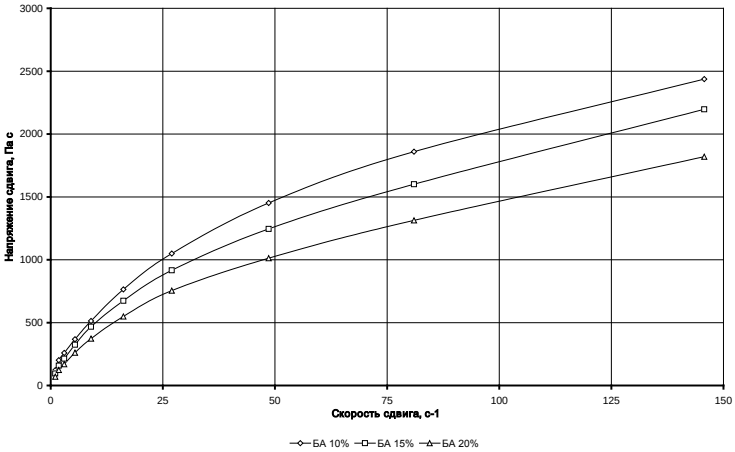


Рисунок 2 – Кривые течения образца №2 при влажности *W* 10, 15, 20 %

Обработку кривых течения производили двумя способами, в первом случае описание производилось одним реологическим уравнением (результаты представлены в таблице 1), затем эту же кривую обрабатывали с использованием нескольких реологических уравнений по методу наименьших квадратов (таблица 2). В результате обработки также производилась статистическая оценка адекватности и надежности построенного уравнения на основе среднеквадратического отклонения и средней ошибки аппроксимации $\bar{\varepsilon}$.

Таблица 2 – Результаты обработки кривых течения по уравнению Оствальда-де-Вале

п/п	*W*, %	B_0	*n*	$\bar{\varepsilon}$
Образец №1				
1	10	134,95	0,57	8,09
2	15	152,37	0,59	7,19
3	20	190,8	0,56	8,55
Образец №2				
4	10	83,22	0,64	7,23
5	15	108,42	0,63	6,18
6	20	134,67	0,6	4,79

Таблица 3 – Результаты обработки кривых течения по методу наименьших квадратов

п/п	*W*, %	Уравнение из таблицы 1	$\dot{\gamma}$, с$^{-1}$	τ_0	B_0	*n*	$\eta_{пл}$	$\bar{\varepsilon}$, %
Образец №1								
1	10	2	1–9		119,52	0,68		2,09
		4	9–16,2	282,5	–	–	29,17	
		3	16,2–145,7	296,48	81,92	0,62		
2	15	4	1–9	82,24	–	–	64,69	1,63
		4	9–16,2	374	–	–	31,67	
		3	16,2–145,7	493,26	44,97	0,79	0,97	
3	20	2	1–5,4	–	160,14	0,75	–	2,04
		4	5,4–9	239,5	–	–	57,5	
		2	9–145,7	–	258,22	0,48	–	
Образец №2								
4	10	2	1–9	–	119,52	0,68	–	2,09
		4	9–16,2	282,5	–	–	29,17	
		3	16,2–145,7	296,48	81,92	0,62	–	
5	15	4	1–1,8	16,25	–	–	78,75	2,22
		2	1,8–145,7	–	116,35	0,61	–	
6	20	4	1–1,8	22	–	–	100	3,37
		2	1,8–145,7	–	141,97	0,59	–	

Таким образом, исследуемые образцы имеют аномально-вязкий характер течения, для описания которого можно применить одно реологическое уравнение, но при этом получим достаточно неточное описание их деформационного поведения ($\bar{\varepsilon}$ = 4,79 – 8,55). Для снижения ошибки при описании деформационного поведения продуктов можно применять метод наименьших квадратов, что существенно повышает точность результатов ($\bar{\varepsilon}$ = 1,63 – 3,37). То есть для одной кривой течения получаем два и более уравнения, в достаточной степени адекватно описывающие деформационное поведение продукта, при этом в значительной степени усложняется математический аппарат. Однако, при работе шнекового пресс-гранулятора по длине шнека и в матрице не развиваются такие скорости сдвига, чтобы пришлось применять весь спектр реологических уравнений. Как правило, оно будет ограничено одним, максимум двумя уравнениями при значительном повышении точности описания реологического поведения.

Список литературы

1. Корячкин, В. П. Разработка машины для коэкструзии пищевых масс / В. П. Корячкин, Д. А. Гончаровский, Ю. В. Гончаров // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2013. – № 2(19). – С. 26–32.

2. Genesis, distribution and dynamics of lagoon marl extrusions along the curonian spit, southeast baltic coast / A. Y. Sergeev [et al.] // Boreas. – 2017. – Vol. 46, № 1. – P. 69–82.

3. Ultrasound-assisted extrusion of construction ceramic samples / G. R. Faseeva [et al.] // Ceramics International. – 2017. – Vol. 43, № 9. – P. 7202–7210.

4. Экспериментальное исследование слоистого течения вязкоупругих жидкостей в цилиндрических каналах экструзионной головки / П. П. Юрыгин, И. С. Гуданов, Г. М. Гончаров, А. А. Ломов, Ю. Б. Лаврентьев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2014. – № 1. – С. 190–195.

5. Veselova, E. V. The stabilisation of recycled polyethylene terephthalate with phosphorus-containing compounds in continuous processes of extrusion / E. V. Veselova, T. I. Andreeva, I. D. Simonov-Emel'yanov // International Polymer Science and Technology. – 2015. – Vol. 43, № 10. – P. 41–44.

6. Марченко, В. И. Исследование влияния структурно-механических свойств твердой фракции сброженного птичьего помета на процесс влажного гранулирования / В. И. Марченко, Д. А. Сидельников, А. В. Панасенко // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 124(10). – С. 14.

7. Пятов, В. В. Методика проектирования шнековых машин для экструзии пластичных сред / В. В. Пятов, А. Н. Голубев, П. С. Ширяев // Вестник витебского государственного технологического университета. – 2017. – № 2(33). – С. 42–52.

8. Оптимизация изменения агрегатного состояния сырья в процессе экструзии / Д. В. Тимофеева, А. Г. Зинюхина, В. П. Попов, В. Г. Коротков, С. В. Антимонов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 225–229.

9. Popov, A. M. Determination of dependence between thermophysical properties and structural-and-phase characteristics of moist materials / A. M. Popov, K. B. Plotnikov, D. V. Donya // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 137–143.

10. Литвинова, И. А. Компьютерные технологии в реологических исследованиях молочных продуктов / И. А. Литвинова, автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2012.

УДК 637.354:664.8.047

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ПОДВОДА ТЕПЛОТЫ НА ПРОЦЕСС ВАКУУМНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

В. А. Ермолаев*, D. Grytsenko**, В. В. Юрченко***
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**University Hamburg, Germany
***Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, Республика Казахстан

Расширение ассортимента продуктов питания и повышение их качества являются одними из важнейших задач пищевой промышленности. При этом особая роль отводится молочным продуктам ввиду их высокой биологической ценности. Присутствующие в молочных продуктах белки, жиры, незаменимые аминокислоты и микроэлементы являются жизненно необходимыми для правильного развития организма человека [1, 2].

Условия сезонности выработки большинства видов молочных продуктов и их ограниченных сроков годности, а также большой протяженности страны диктуют необходимость в совершенствовании и разработке новых способов консервирования. Вакуумная сушка является одним из наиболее эффективных методов консервирования [3–6]. Сущность метода заключается в том, что при пониженном давлении снижается также температура кипения воды, что позволяет осуществлять процесс сушки при относительно невысоких температурах и, соответственно, исключить термическое разложение ценных компонентов продукта [7–9].

Как известно, на процесс обезвоживания влияет большое количество факторов, что обусловливает сложность установления аналитических зависимостей в данной области. При этом не всегда удается выявить определяющие факторы ввиду многообразия параметров, связывающих режимы вакуумной сушки с кинетикой тепломассопереноса и качественными показателями продукта [10]. Кроме того, некоторые факторы могут оказывать неравнозначное, а в некоторых случаях и противоположное по характеру влияние на одни и те же качественные характеристики обезвоженного продукта [11, 12].

Ввиду вышесказанного важное значение приобретает поиск способов интенсификации тепло- и массообмена при обезвоживании. Одним из таких способов является использование переменных режимов сушки, в частности прерывистое облучение.

Таким образом, целью настоящей работы являлся подбор способа интенсификации вакуумной сушки молочных продуктов.

В качестве объектов исследований выступали: твердые сыры с высокой и низкой температурой второго нагревания («Советский», «Швейцарский», «Алтайский»); мягкие сыры («Адыгейский», «Чайный», «Кофейный»); рассольные сыры («Брынза», «Сулугуни», «Чечил»), а также творог.

Схема вакуумной сушильной установки, которая использовалась для проведения экспериментальных исследований, представлена на рис. 1.

В качестве источников теплоты использовались ламповые нагреватели КГТ 1000-220. Сушку осуществляли при плотности теплового потока 5,5 кВт/м^2 и остаточном давлении 2–3 кПа. Твердые и мягкие сыры обезвоживали при температуре 60 °С, рассольные сыры и творог – при температуре 70 °С.

Эксперименты проводили при ступенчатом и импульсном способе подвода теплоты. Сравнение эффективности осуществляли по следующим показателям: продолжительность сушки, скорости удаления влаги, энергозатраты, органолептические и физико-химические показатели.

На рис. 2 приведены графики изменения тепловой нагрузки излучателя при ступенчатом и импульсном способе подвода теплоты при вакуумной сушке сыра «Советский».

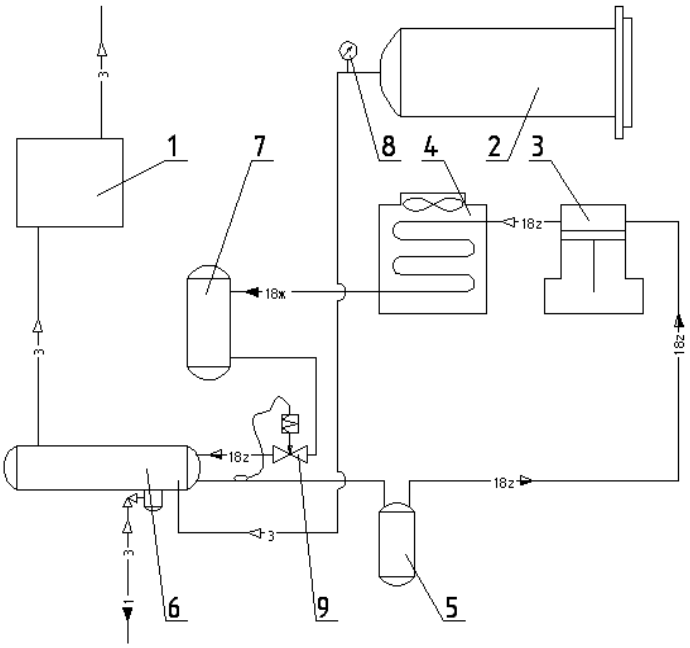
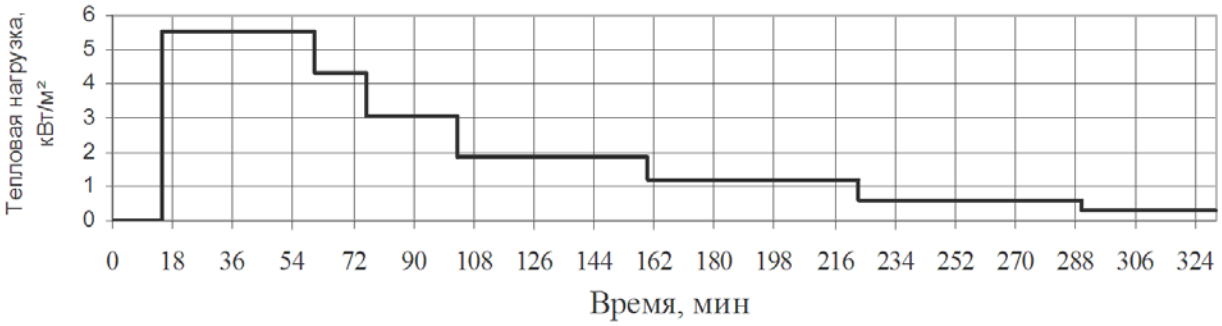
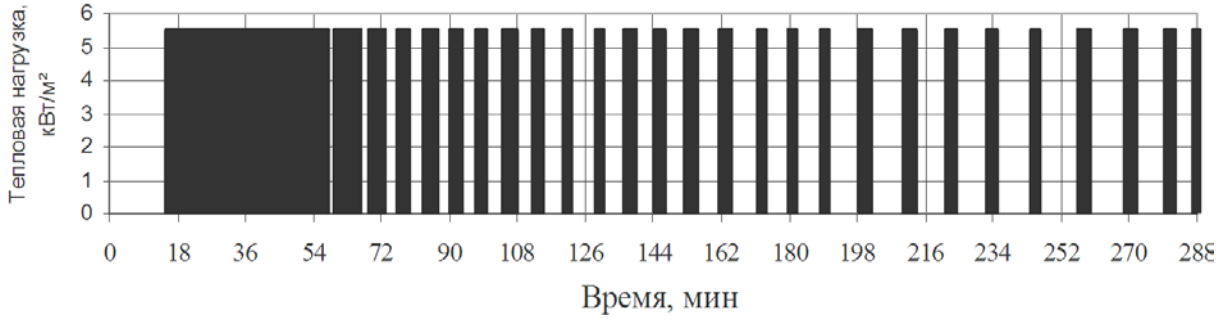


Рисунок 1 – Схема экспериментальной вакуумной сушильной установки:
1 – насос вакуумный; 2 – камера вакуумная; 3 – компрессор; 4 – конденсатор;
5 – отделитель жидкости; 6 – десублиматор; 7 – ресивер; 8 – вакуумметр;
9 – терморегулирующий вентиль



а)



б)

Рисунок 2 – Графики изменения тепловой нагрузки при ступенчатом и импульсном способе подвода теплоты при вакуумной сушке сыра «Советский»

В течение первых 15 минут теплота от ламп нагрева не подводится, пока установка не выйдет на требуемый режим по остаточному давлению (2–3 кПа). При сушке сыра «Советский» в течение 45 минут действует установленная тепловая нагрузка при обоих способах подвода теплоты. После достижения температуры на поверхности продукта 60 °С осуществлялось снижение тепловой нагрузки при ступенчатом способе подвода теплоты, при импульсном в этом случае происходило выключение ламп нагрева.

В случае ступенчатого способа подвода теплоты в процессе обезвоживания тепловая нагрузка снижается, а продолжительность действия минимальной тепловой нагрузки увеличивается. В случае импульсного способа подвода теплоты продолжительность теплоподвода сокращается по сравнению со временем отлежки.

Обнаружено, что при импульсном способе подвода теплоты происходит более быстрый прогрев молочных продуктов по толще высушиваемого слоя. При импульсном способе подвода теплоты повышается скорость удаления влаги. Для сравнения: скорость сушки сыра «Советский» при ступенчатом способе подвода теплоты составляет 0,6 %/мин; при импульсном – 0,69 %/мин.

На рис. 3 представлены графики продолжительности сушки молочных продуктов при различных способах подвода теплоты.

Установлено, что продолжительность процесса сушки при импульсном способе подвода теплоты по сравнению со ступенчатым сокращается для твердых сыров – на 11–23 %; мягких сыров – на 13–19 %; рассольных – на 13–17 %; творога – на 17–22 %.

Интенсификация удаления влаги обусловлена термодинамикой процесса. При подводе теплоты центральные слои продукта имеют температуру ниже, чем на поверхностных слоях. Благодаря разности парциальных давлений влага перемещается к центру продукта, что требует дополнительных энергозатрат и времени на ее удаление.

При импульсном способе подвода теплоты в момент энергоподвода продукт нагревается. В периоды, когда теплота к продукту не подводится, за счет интенсивного испарения происходит охлаждение поверхностных слоев, их температура становится практически равна температуре в центральной части, градиент температуры минимален и влага интенсивно перемещается к поверхности материала.

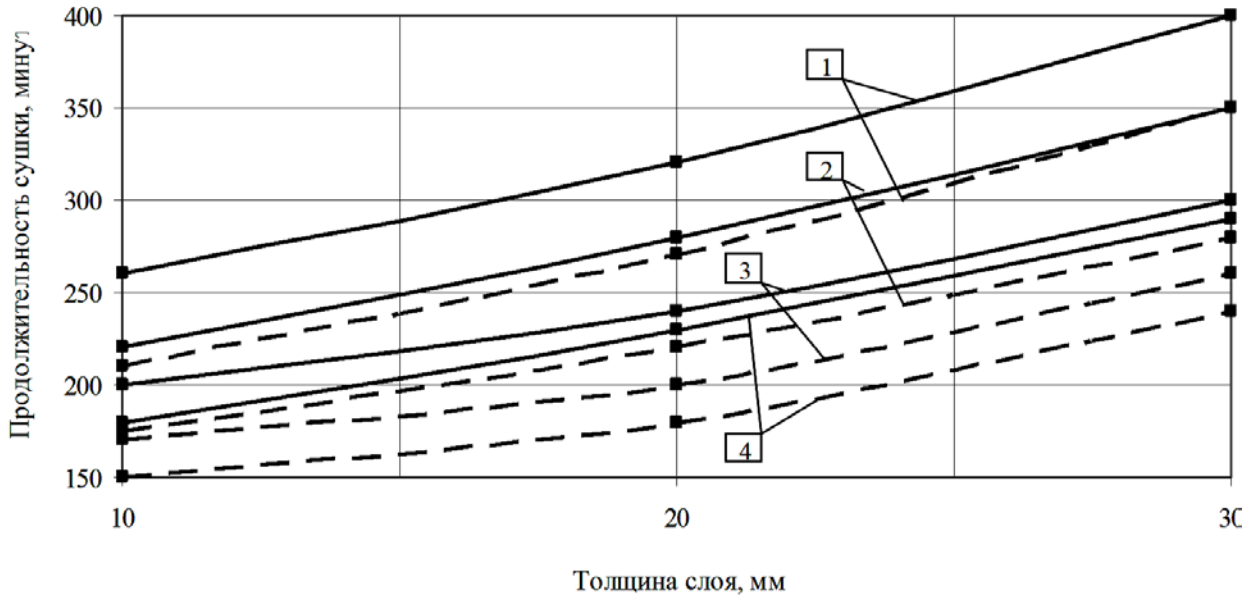


Рисунок 3 – Графики продолжительности вакуумной сушки при ступенчатом (сплошные линии) и импульсном (пунктирные линии) способе подвода теплоты: 1 – мягкие сыры; 2 – твердые сыры; 3 – рассольные сыры; 4 – творог

Удельные энергозатраты при ступенчатом и импульсном способе подвода теплоты при различной толщине слоя молочных продуктов представлены на рис. 4.

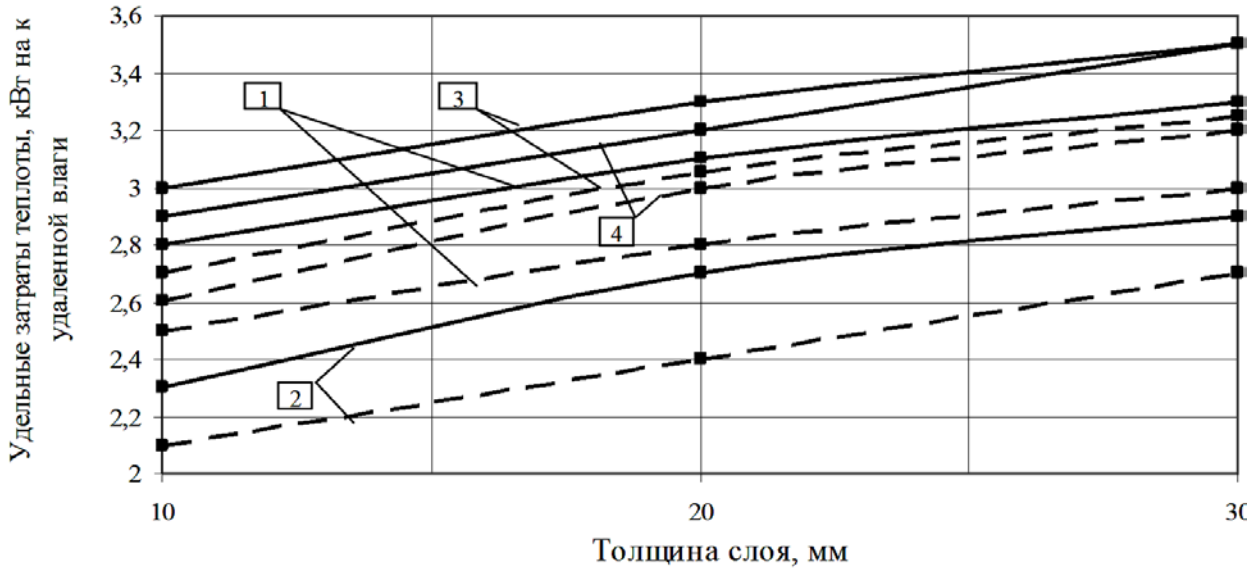


Рисунок 4 – Графики удельных затрат теплоты при ступенчатом (сплошные линии) и импульсном (пунктирные линии) подводе теплоты:
1 – мягкие сыры; 2 – твердые сыры; 3 – рассольные сыры; 4 – творог

Установлено, что для всех молочных продуктов при одной и той же толщине слоя удельные энергозатраты при импульсном способе подвода теплоты меньше, чем при ступенчатом энергоподводе на 0,2–0,3 кВт/кг удаленной влаги. Снижение энергозатрат вызвано сокращением продолжительности сушки при импульсном способе подвода теплоты.

При импульсном способе подвода теплоты скорость удаления влаги выше, чем при ступенчатом (рис. 5).

Повышение скорости сушки при импульсном способе подвода теплоты обусловлено уменьшением температурного градиента между поверхностными и центральными слоями, когда теплота от нагревателей не подводится.

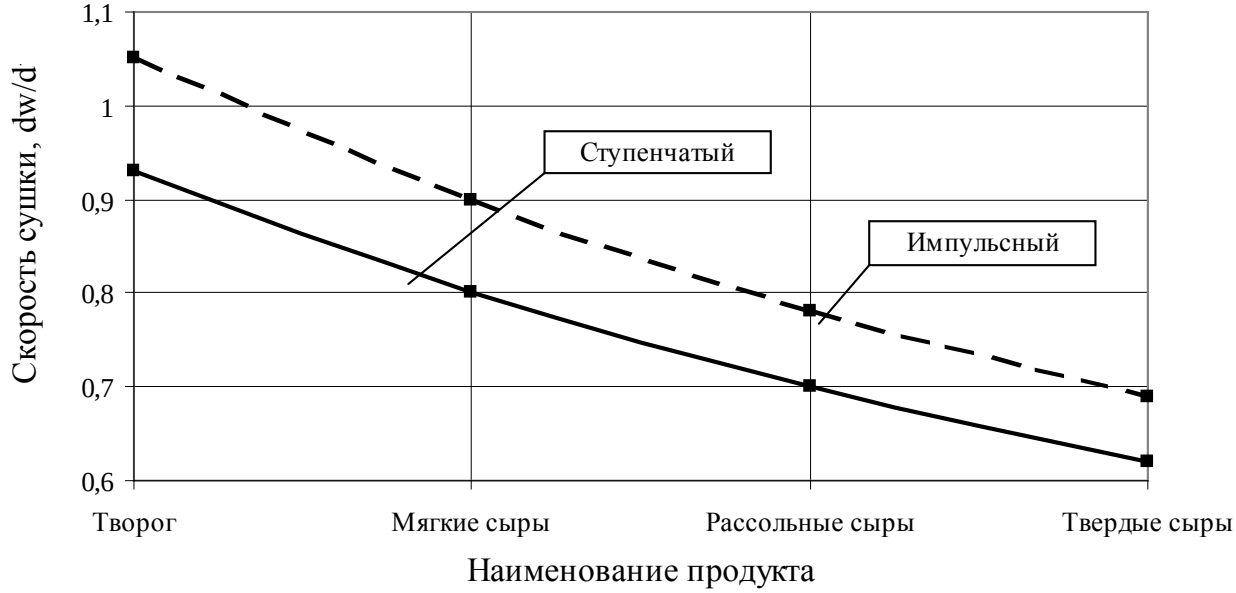


Рисунок 5 – Скорость сушки молочных продуктов при ступенчатом и импульсном способе подвода теплоты

В табл. 1 и 2 представлены результаты анализа соответственно органолептических и физико-химических показателей сухих молочных продуктов при различных способах подвода теплоты. Органолептическую оценку осуществляли по анализу таких показателей, как вкус, цвет, запах и консистенция. Максимальная оценка составляла 30 баллов.

Таблица 1 – Органолептические показатели сухих молочных продуктов в зависимости от способа подвода теплоты, балл

Продукт	Способ подвода теплоты	
	ступенчатый	импульсный
Твердые сыры	28–29	28–29
Мягкие сыры	27–29	28–29
Рассольные сыры	28–29	27–29
Творог	28–29	28–29

Таблица 2 – Физико-химические показатели сухих молочных продуктов в зависимости от способа подвода теплоты

Продукт	Способ подвода теплоты			
	ступенчатый		импульсный	
	массовая доля			
	влаги, %	жира в сухом веществе, %	влаги, %	жира в сухом веществе, %
Твердые сыры	3,9–4,3	49,3–50,0	3,8–4,3	49,5–50,0
Мягкие сыры	3,7–5,0	44,0–50,5	3,7–5,5	44,0–50,5
Рассольные сыры	3,5–4,5	44,8–50,0	3,4–4,4	44,0–50,0
Творог	3,7–4,8	2,2–36,4	3,7–5,0	2,2–36,0

Установлено, что органолептические показатели сухих молочных продуктов при обоих способах подвода теплоты составляют 27–29 баллов из 30.

Содержание влаги в обезвоженных молочных продуктах при обоих способах подвода теплоты не превышало 5 %. При этом потери жира в процессе вакуумной сушки молочных продуктов не превышали 1–2 %. Стоит отметить, что массовая доля жира в сухом продукте зависит не от способа подвода теплоты, а от ее содержания в продукте до сушки.

Представленные данные свидетельствуют о том, что способ подвода теплоты не влияет на качественные характеристики сухих молочных продуктов. Способ энергоподвода влияет на продолжительность удаления влаги, скорость обезвоживания и энергозатраты.

При импульсном подводе теплоты уменьшается градиент влажности и температуры по объему высушиваемого слоя молочных продуктов, что в свою очередь приводит к сокращению продолжительности обезвоживания. При этом удельные затраты теплоты для молочных продуктов при импульсном способе подвода теплоты меньше на 0,2–0,3 кВт/кг удаленной влаги, чем при ступенчатом энергоподводе. Таким образом, можно рекомендовать данный способ подвода теплоты для обезвоживания молочных продуктов.

Список литературы

1. Христиансен, С. Будущее – молочные продукты повышенной пищевой ценности / С. Христиансен // Молочная промышленность. – 2008. – № 10. – С. 78–79.

2. Концентрирование аминокислот молочной сыворотки баромембранными методами / В. А. Лазарев [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 1 (143). – С. 33–36.

3. King, V. A.-E. A response surface methodology approach to the optimization of controlled low-temperature vacuum dehydration / V. A.-E. King, R. R. Zall // Food Research International. – 1992. – Vol. 25, № 1. – P. 1–8.

4. King, V. A.-E. Controlled low-temperature vacuum dehydration – a new approach for low-temperature and low-pressure food drying / V. A.-E. King, R. R. Zall // Journal of food science.– 1989. – Vol. 54, № 6. – P. 1573–1579, 1593.

5. Гинзбург, А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. – М. : Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.

6. Ермолаев, В. А. Разработка технологии вакуумной сушки обезжиренного творога: дис. … канд. техн. наук : 05.18.04 / Ермолаев Владимир Александрович. – Кемерово, 2008. – 168 с.

7. Короткий, И. А. Анализ влияния температуры нагрева на эффективность вакуумной сушки плодов и ягод / И. А. Короткий, А. Н. Расщепкин, Д. Е. Федоров // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1 (112). – С. 47–52.

8. К вопросу вакуумной инфракрасной сушки перги / Д. Н. Бышов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2016. – Т. 29, № 1. – С. 56–59.

9. Кушевский, И. В. Исследование и разработка технологии вакуумной сушки рассольных сыров: дис. … канд. техн. наук : 05.18.04 / Кушевский Иван Валерьевич. – Кемерово, 2011. – 142 с.

10. Afzal, T. M. Simulation of moisture changes in barley during far infrared radiation drying / T. M. Afzal, T. Abe // Computers and Electronics in Agriculture. – 2000. – Vol. 26. – P. 137–145.

11. A comparative study of low-pressure superheated steam and vacuum drying of a heat-sensitive material / S. Devahastin [et al.] // Drying Technology. – 2004. – Vol. 22. – P. 1845–1867.

12. Defo, M. Modeling superheated steam vacuum drying of wood / M. Defo, Y. Fortin, A. Cloutier // Drying Technology. – 2004. – Vol. 22. – P. 2231–2253.

УДК 637.5

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННЫХ МАССАЖЕРОВ

В. В. Ильиных
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

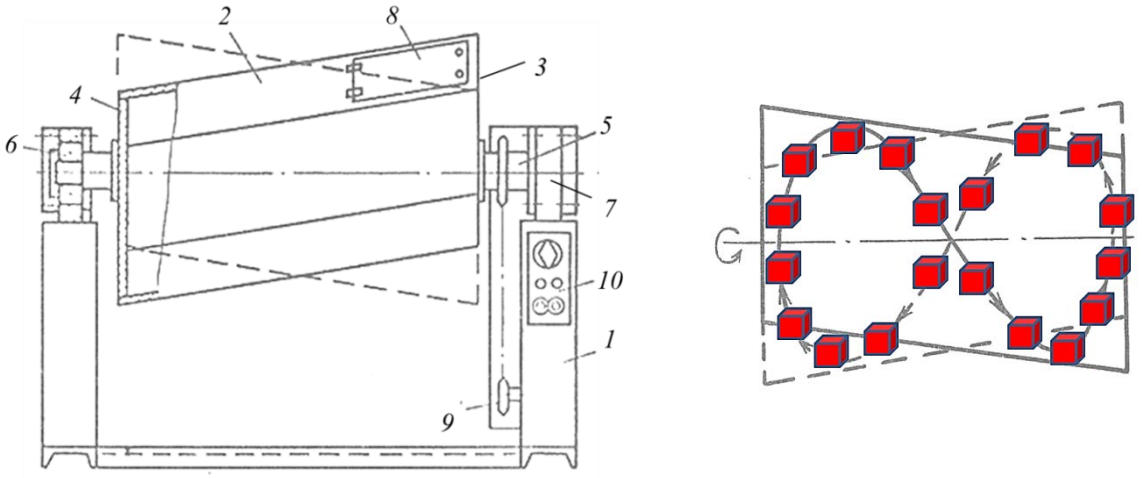
Одним из эффективных направлений в области совершенствования производства мясных соленых изделий, внедрение которого в России приходится на начало 90-х годов, является применение механической обработки сырья на стадии посола или как принято называть массирования мяса. Сами технологии, использующие массирование мяса получили названия как «Ноу-Нау», или как «Высокие технологии» [1]. Сегодня, давая оценку таким технологиям, то их следует называть как «Инновационные технологии», которые в настоящее время широко применяются на предприятиях мясной промышленности [2, 3, 4, 5].

Сегодня, применение массажеров в производстве мясных соленых изделий, обеспечивающим механическую обработку сырья на стадии посола, является необходимым условием успешной работы предприятия. Это объясняется их возможностями, оказывать существенное влияние, в частности: на сокращение длительности процесса посола сырья; на изменение структуры сырья; на увеличение выхода готового продукта и др. показатели.

Однако, введение зарубежными странами санкций против нас, создало трудности в приобретении зарубежного оборудования, например массажеров, что сделало производство мясных соленых продуктов затруднительным ввиду отсутствия отечественных аналогов оборудования. В этой связи, решение проблемы импортозамещения зарубежного оборудования современным отечественным оборудованием является одной из главной и приоритетных задач стоящих перед отечественным машиностроением [6].

Проведенный анализ конструкций массажеров отечественного и зарубежного производства показывает, что чаще всего применяются массажеры с массирующей емкостью цилиндрической формы. С целью исключения проскальзывания сырья по цилиндрической поверхности емкости они дополнительно снабжаются рабочими лопастями разной формы - в виде гребенки, спирали и др. [7].

Для проведения качественной механической обработки, необходимо чтобы в процессе массирования, сырье, подвергаясь соударению, сдавливанию, трению и другим воздействиям одновременно подвергалось равномерной обработки со всех сторон. Этого практически невозможно достичь в массажерах массирующая емкость которых имеет цилиндрическую форму. Это относится и к массажерам, в которых емкость неподвижна, а вращается рабочий вал с лопастями.



а **б**

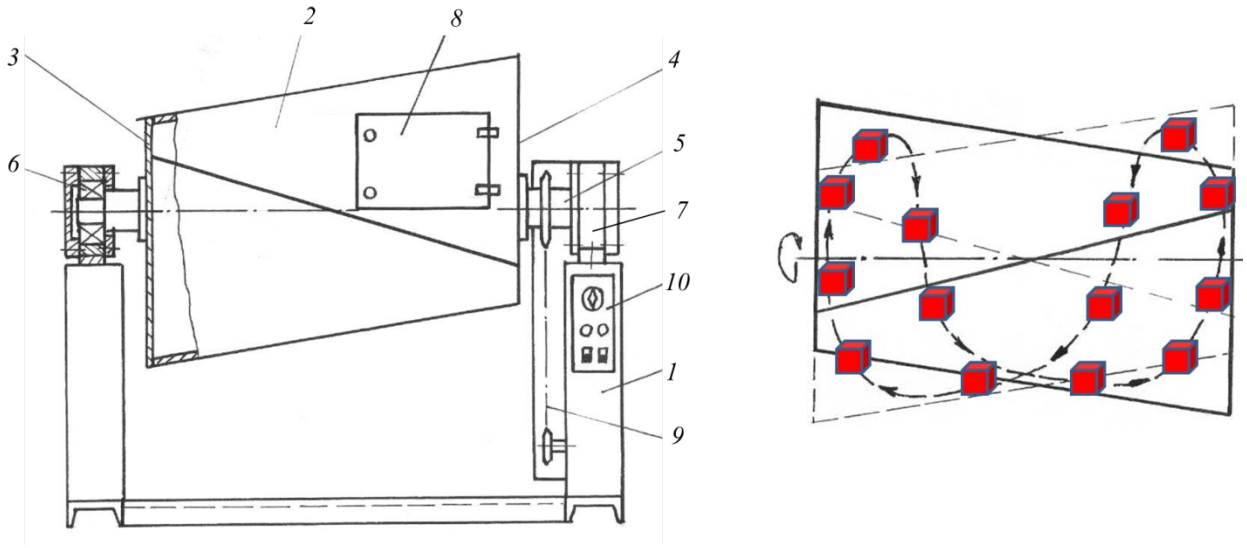
Рисунок 1 – Массажер: а-общий вид: б-траектория перемещения сырья

Авторами Ильиных В.В., Кудряшовым Л.С. и др. по результатам конструкторских разработок, научных исследований и патентного поиска разработан ряд конструкций массажеров, новизна которых защищена патентами РФ [8, 9, 10, 11].

Первой разработкой является массажер [8], общий вид которого представлен на рис. 1. Массажер состоит из сварной рамы 1, массирующей емкости 2, которая закрепленной торцевыми гранями 3, 4 на приводном валу 5, в опорах вращения 6, 7, герметичной крышки 8 для загрузки и выгрузки сырья, привода 9 и пульта управления 10. Отличительным признаком предложенной конструкции массажера является массирующая емкость, которая выполнена в виде наклонной шестигранной призмы, и закреплена на приводном валу торцевыми гранями со смещением ассиметрично одна относительно другой. Само крепление торцевых граней на валу, выполнено ассиметрично друг другу, что позволяет, во-первых, придать наклон боковым граням под углом 15^0, для свободного скольжения кусков мяса по поверхности, и во-вторых, изменять наклон боковых граней в одну и другую стороны, что придает емкости во время вращения дополнительно качательные перемещения в пространстве.

Процесс механической обработки сырья, в предлагаемой конструкция массажера представляет следующее. В начале, продукт захватываясь боковыми гранями, поднимается вверх на высоту несколько выше угла естественного откоса. Затем падает вниз, попадая на нижнюю боковую грань, расположенную под углом к оси приводного вала. Далее скользя и перекатываясь по ней, перемещается вдоль емкости до упора о торцевую грань, где вновь захватывается боковыми гранями и поднимается вверх. Далее цикл повторяется. При падении на нижнюю торцевую грань, сырье изменяет свое направление движения на противоположное. Траектория перемещения сырья в массирующей емкости массажера схематично представлена на рис. 1.б.

Другим вариантом конструкции является массажер [9], общий вид которого представлен на рис. 2.



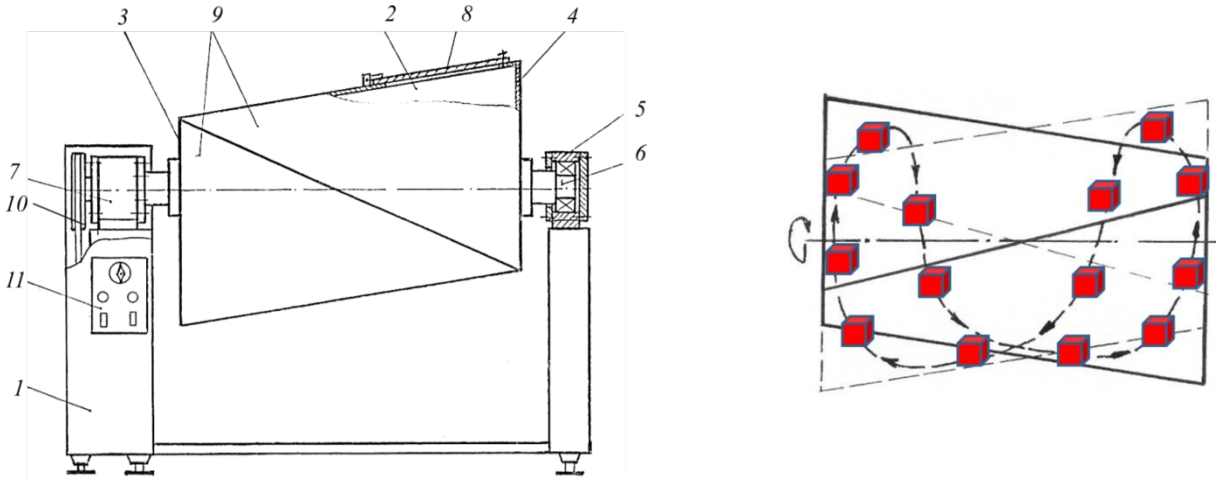
а **б**

Рисунок 2 – Массажер: а-общий вид: б-траектория перемещения сырья

Массажер отличается тем, что массирующая емкость 2, совершающая одновременно вращательные и колебательные движения, выполнена в виде неравнобокой шестигранной призмы. Это достигается за счет придания торцевым граням 3 и 4 формы неравносторонних многоугольников и крепления их на валу 6 асимметрично относительно друг друга. Причем ось вращения вала 6 совмещена с центрами симметрии этих граней. Крепление торцевых граней на валу ассиметрично друг друга позволяет изменять наклон боковых граней, установленных под углом $15\text{-}20^0$ к оси вращения вала 6 придавая емкости во время вращения

качательные перемещения в пространстве. Это упрощает конструкцию массажера, так как исключает необходимость установки колебательного механизма, а также какой-либо эксцентриситет вала относительно опор вращения, что повышает надежность его работы. Схематично траектория движения сырья во время массирования в массажере дана на рис. 2б.

Отличную конструкцию от предыдущих имеет массажер [10] общий вид которого представлен на рис. 3.



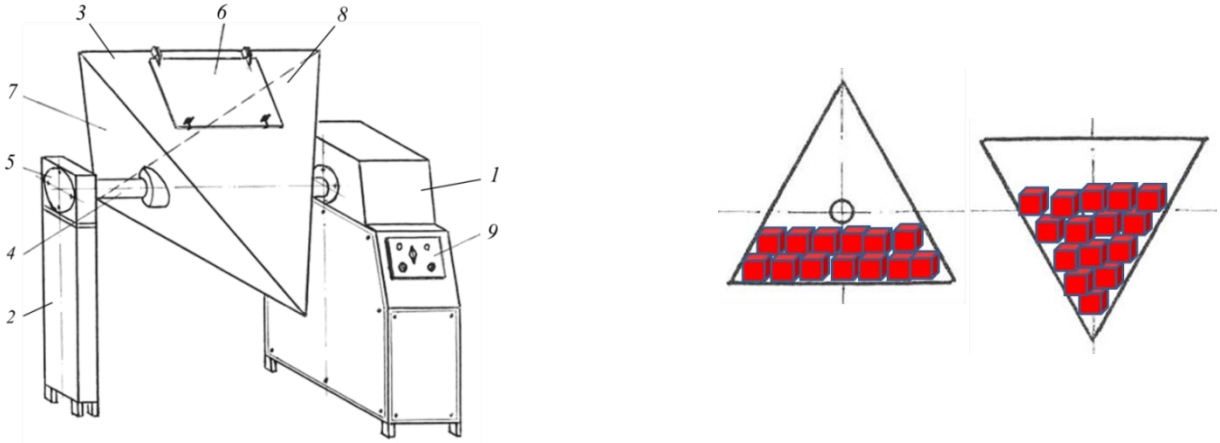
а **б**

Рисунок 3 – Массажер: а-общий вид: б-траектория перемещения сырья

Его отличает более простая форма массирующей емкости. Это достигается тем, что массирующая емкость массажера выполнена в виде треугольной призмы, торцевые грани которой выполнены в виде правильных треугольников и расположены асимметрично одна относительно другой, а ось вращения вала совмещена с центрами симметрии этих граней.

Замена формы емкости массажера с шестиугольной неправильной на треугольную призму позволяет сохранить то же количество боковых граней, одновременно заменить сложную геометрию торцевых и боковых граней с неправильной шестиугольной на более простую треугольную и упростить конструкцию. Схема траектории перемещения сырья во время массирования в предлагаемом массажере представлена на рис. 3б.

Конструкция массажера [11], представленная на рис 4, существенно отличается от выше рассмотренных.



а **б**

Рисунок 4 – Массажер: а-общий вид: б-траектория перемещения сырья

В предлагаемой конструкции массирующая емкость массажера выполнена в форме тетраэдра. Массирующая емкость закреплена на горизонтальном валу с возможностью вращения относительно собственной оси, проходящей через центр тяжести.

Массирующая емкость массажера выполненная в виде тетраэдра отличается простотой конструкции и простотой изготовления, так как все ее торцевые и боковые грани имеют одинаковую форму, форму правильного треугольника.

В предлагаемом массажере, процесс массирования сырья имеет некоторое отличие, от ранее рассмотренных. Так, во время вращения емкости, сырье захватываясь и поднимаясь вверх до некоторой критической величины, начинает переваливаться вниз, и, достигнув нижней точки, вновь захватывается и далее процесс повторяется. Однако, в положениях массирующей емкости вершиной вверх и вершиной вниз (рис. 4б), воздействия на сырье различны. Эти различия связаны с расположением сырье в массирующей емкости. Так, для положения емкости вершиной вниз сырье будет подвергаться дополнительному физическому воздействию, за счет разницы высоты слоя сырья в этих положениях,

Представленные выше конструкции массажеров имеют ряд преимуществ: исключают нарушение целостности продукта, за счет отсутствия внутри емкости рабочих лопастей; обеспечивают равномерность обработки продукта, за счет дополнительных качательных перемещений емкости одновременно с вращением; простотой конструкций и малой металлоемкостью.

Список литературы

1. Кудрявцев, В. В. Инновационное развитие мясоперерабатывающих предприятий / В. В. Кудрявцев // Пищевая промышленность. – 2006. – № 12. – С. 5–7.

2. Кудряшов, Л. С. Новые технологические процессы и оборудование для изготовления копченостей / Л. С. Кудряшов, В. В. Ильиных // Сборник научных трудов. Ч.1. – Кемерово: КемТИПП, 1998. – С. 42–50.

3. Effect of meat chunk size, massaging time and cooking time on quality of restructured pork blocks / A. M. Gurikar, V. Lakshmanan, Y. P. Gadekar, B. D. Sharma, A. S. R. Anjaneyulu // J. Food Sci. Technology. – 2014. – Vol. 51. – P. 1363–1369.

4. Effects of Injection and Tumbling Methods on the Meat Properties of Marinated Beef / Su Kyung Ku, Hee Ju Kim, Seung Chul Yu, Ki Hong Jeon, Young Boong Kim // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. – 2013. – Vol. 33. – № 2. – P. 244.

5. The effects of low salt concentrations on the mechanism of adhesion between two piesec of pork semimembranosus muscle following tumbling and cooking / L. Bombrun, P. Catellier, M. Carlier, A. Kondjoyan // Meat Science. – 2014. – Vol. 96. – P. 5–13.

6. Тенденции развития мясной отрасли АПК РФ / А. Б Лисицын, Н. А. Горбунова, Н. Ф. Небурчилова, И. В. Петрунина // Все о мясе. – 2016. – № 1. – С. 3–9.

7. Кудряшов, Л. С. Современные конструкции установок для массирования мяса / Л. С. Кудряшов, В. В. Ильиных // Мясная индустрия. – 2011. – №9. – С. 12–15.

8. Пат. 1790369 Российская Федерация, МПК А22С 9/00. Устройство для массирования костных отрубов / Л. С. Кудряшов, В. В. Ильиных; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – 4826208/18; заявл. 16.05.1990; опубл. 23.01.1993, Бюл. № 3.

9. Пат. 2031581 Российская Федерация, МПК А22С 9/00. Устройство для массирования костных отрубов / Л. С. Кудряшов, В. В. Ильиных; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – 5055192/13; заявл. 17.07.1992; опубл. 27.03.1995, Бюл. № 9.

10. Пат. 2092060 Российская Федерация, МПК А22С 9/00. Устройство для массирования мяса / Л. С. Кудряшов, В. В. Ильиных; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – 95114757/13; заявл. 15.08.1995; опубл. 10.10.1997, Бюл. № 28.

11. Пат. 2118493 Российская Федерация, МПК А22С 9/00. Устройство для массирования мяса / Л. С. Кудряшов, В. В. Ильиных, О. А. Дозмолина, С. А. Дунаев; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – 97111106/13; заявл. 01.07.1997; опубл. 10.09.1998, Бюл. № 3.

УДК 664:621.56

МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛЬДА НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ КРИОКОНЦЕНТРИРОВАНИИ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

И. А. Короткий*, В. Ю. Овсянников**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Воронежский государственный университет инженерных технологий, г. Воронеж, Россия

Значительная часть пищевых продуктов представляют из себя водные растворы и суспензии с содержанием сухих растворенных веществ от 5 до 40 %. Частичное обезвоживание таких продуктов позволяет значительно уменьшить их объем и, тем самым, снизить затраты на хранение и транспортировку. Наиболее распространенные промышленные способы обезвоживания пищевых продуктов связаны с воздействием на перерабатываемый продукт высоких температур, а механизм удаления влаги основан на фазовом переходе в парообразное состояние. При этом пищевые продукты исключительно термочувствительны. Некоторые компоненты даже под действием умеренных температур претерпевают существенные изменения, вызываемые ферментативными реакциями уже после нескольких минут выдержки при температурах 50÷70° С. Преобладающая часть ароматических компонентов жидких продуктов обладает высокой летучестью, повреждается под действием высоких температур и улетучивается. Поскольку качественные показатели пищевых продуктов, их вкус, запах во многом определяются ароматическими веществами, очень важно их сохранить во время переработки [1].

Получение высококачественных концентратов, максимально сохраняющих первоначальные свойства, возможно с помощью процессов сгущения, удовлетворяющих следующим требованиям:

- низкая температура и малая продолжительность обработки;
- селективное концентрирование, при котором все ценные компоненты остаются в концентрате [2].

Технологии концентрирования, основанные на переводе части влаги в пар сопровождаются значительными потерями летучих ароматических компонентов, процессами денатурации белков, высокими энергетическими затратами на реализацию процесса удаления влаги [3]. А получение концентрированных бактериальных препаратов лиофилизацией и выпариванием приводит к уменьшению их активности [4, 5].

Криоконцентрирование – концентрирование вымораживанием состоит из кристалллизации льда и удаления его из раствора. Применение криоконцентрирования для обезвоживания жидких пищевых продуктов позволяет изготавливать концентраты практически полностью сохраняющие первоначальный вкус и аромат продукта [6]. Низкие температуры и высокая степень селективности процесса позволяет использовать криоконцентрирование для получения химических и медицинских препаратов и полуфабрикатов, обладающих высокими показателями качества [7, 8].

Проще всего реализовать процесс намораживания льда при криоконцентрировании на внутренней цилиндрической поверхности, которая представляет собою поверхность теплообмена. Это, так называемые, емкостные криоконцентраторы цилиндрического типа [9]. Такая схема имеет недостатки: при увеличении толщины массива льда увеличивается термическое сопротивление теплопередающей стенки, к тому же из-за роста массива льда внутрь цилиндра, уменьшается площадь теплообмена на границе раздела фаз [10]. Все это снижает эффективность теплообмена и увеличивает продолжительность процесса. Однако такая схема обладает важным преимуществом – простота реализации и отделения ледяной фракции (кристаллизата) от концентрата. Кроме того, при такой схеме снижается захват растворенных компонентов в кристаллизат за счет снижения разности температур между концентратом и поверхностью раздела фаз. Малая поверхность раздела фаз, к тому же

способствует тому, что после удаления концентрата на ней остается меньшее количество растворимых компонентов. К тому же такая схема позволяет полностью исключить процессы сепарирования и промывки ледовой фракции при криоконцентрировании с образованием ледяной суспензии [11].

Важной задачей разработки технологии разделительного вымораживания является определение оптимальных и рациональных технологических режимов, позволяющих получать концентраты высокого качества с наименьшими затратами, повысить эффективность использования технологического оборудования, снизить потери ценных компонентов.

Математическое моделирование процессов криоконцентрирования позволяет значительно снизить издержки на разработку технологии разделительного вымораживания и сократить продолжительность проектирования технологии.

Построение математической модели основывается на балансе теплоты, передающейся через разделяющую концентрат и хладоноситель стенку при их заданной и неизменной температуре. Теплота, отводимая от концентрата, утилизируется в виде льда, образующегося на поверхности раздела фаз. За счет намораживания льда, толщина стенки увеличивается [13].

Весь процесс кристаллизации разбит на дискретные временные интервалы заданной продолжительности. В течение одного такого временного интервала характеристики процесса не изменяются. При наступлении следующего временного интервала толщина слоя льда дискретно изменяется в соответствии с расчетным количеством теплоты, которое может быть передано через стенку.

На рис. 1 изображена модель цилиндрической стенки через которую происходит отвод теплоты от концентрата и на которой происходит льдообразование при криоконцентрировании водных растворов.

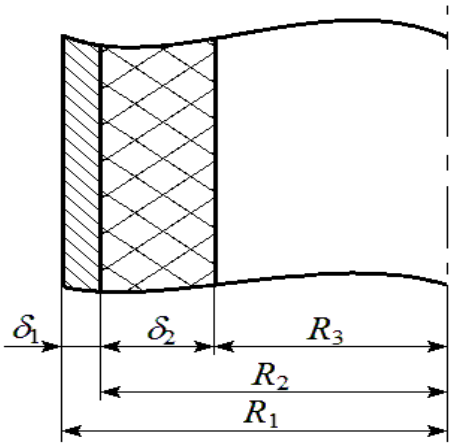


Рисунок 1 – Схематичное изображение цилиндрической стенки на которой происходит вымораживание льда при криоконцентрировании водных растворов:
δ_1 – толщина стенки (нержавеющая сталь) ≈0,5 мм;
δ_2 – толщина льда в момент времени τ.
В начальный момент времени при τ=0 толщина льда δ_2=0.

Тепловой поток через цилиндрическую стенку криоконцентратора определялся по формуле:

$$Q = \frac{2\pi l(t_3 - t_1)}{\frac{1}{\lambda_1}\ln\frac{R_1}{R_2} + \frac{1}{\lambda_2}\ln\frac{R_2}{R_3}} = \frac{2\pi l(t_3 - t_1)}{\frac{1}{\lambda_1}\ln\frac{R_1}{R_2} + \frac{1}{\lambda_2}\ln\frac{R_3 + \delta_2}{R_3}}, \quad (1)$$

где l – высота столба раствора;

t_1; t_3 – температуры на расстояниях R_1 и R_3 от оси цилиндра;

λ_1; λ_2 –теплопроводность соответственно нержавеющей стали и слоя льда.

Удельный тепловой поток q рассчитывается как отношение теплового потока к площади цилиндрической поверхности криоконцентратора:

$$q = Q/F_3, \tag{2}$$

где

$$F_3 = 2\pi R_3 l \tag{3}$$

– площадь поверхности цилиндра на расстоянии R_3 от его оси.

Таким образом тепловой поток через цилиндрическую стенку радиусом R_3 в соответствии с выражениями (1-3) определяется по формуле:

$$q = \frac{t_3 - t_1}{\left(\frac{1}{\lambda_1}\ln\frac{R_1}{R_2} + \frac{1}{\lambda_2}\ln\frac{R_3+\delta_2}{R_3}\right)R_3}, \tag{4}$$

Обозначим изменение радиуса R_3 за единичный интервал времени $\Delta\tau$ как ΔR.

Тогда объем льда, образующийся в единичный интервал времени $\Delta\tau$:

$$V = \pi l \Delta R(2R_3 - \Delta R), \tag{5}$$

а масса этого льда:

$$m = \pi l \Delta R(2R_3 - \Delta R)\rho, \tag{6}$$

где ρ – плотность льда.

Количество теплоты, отводимой при кристаллизации льда:

$$Q = \frac{r_{пл}\pi l \Delta R(2R - \Delta R)\rho}{\Delta\tau}, \tag{7}$$

где $r_{кр}$ – удельная теплота льдообразования.

Удельная теплота, передающаяся через поверхность раздела фаз на радиусе R_3:

$$q = \frac{r_{кр}\Delta R(2R_3 - \Delta R)\rho}{2R_3\Delta\tau}. \tag{8}$$

Таким образом, от раствора через цилиндрическую стенку отводится теплота, которая рассчитывается по формуле (4). Эта теплота утилизируется на поверхности раздела фаз в виде льда, при кристаллизации которого выделяется то же самое количество теплоты. Эта теплота рассчитывается по формуле (8). Таким образом, в каждом единичном интервале времени $\Delta\tau_i$ однозначно определяется ΔR, которое отнимается от R_3 в начале следующего единичного интервала времени $\Delta\tau_{i+1}$.

Рассчитали процесс намораживания льда на цилиндрической поверхности криоконцентратора при температуре теплообменной поверхности t_1=-4° С и криоскопической температуре раствора t_3=-0,6° С, а также задавшись радиусом цилиндрической поверхности при различных длительностях единичного временного

интервала. Результаты расчета приведены на рис. 2. Для процесса криоконцентрирования продолжительностью 3 часа.

На рис. 2 изображено четыре графических зависимости при различных значениях единичного временного интервала. Поскольку графики практически сливаются в одну линию, при значении времени τ=5 мин представлен увеличенный фрагмент графических зависимостей. Видно, что отличие расчетных величин толщина льда, представленных на графиках 2 и 3, очень незначительны – около 0,06 мм. Результаты расчетов представленных на графике 1 существенно отличаются от остальных (около 0,63 мм по сравнению с графиком 3).

Все графические зависимости, представленные на рис. 2 получены исходя из условия неизменности теплового потока в течение единичного временного интервала. Однако зависимости 1÷3 получены из условия соответствия величины теплового потока состоянию в начале единичного временного интервала, а зависимость 4 получена из условия соответствия величины теплового потока среднему значению величин теплового потока в текущем и следующим за ним единичном временном интервале $\Delta\tau$=10 с.

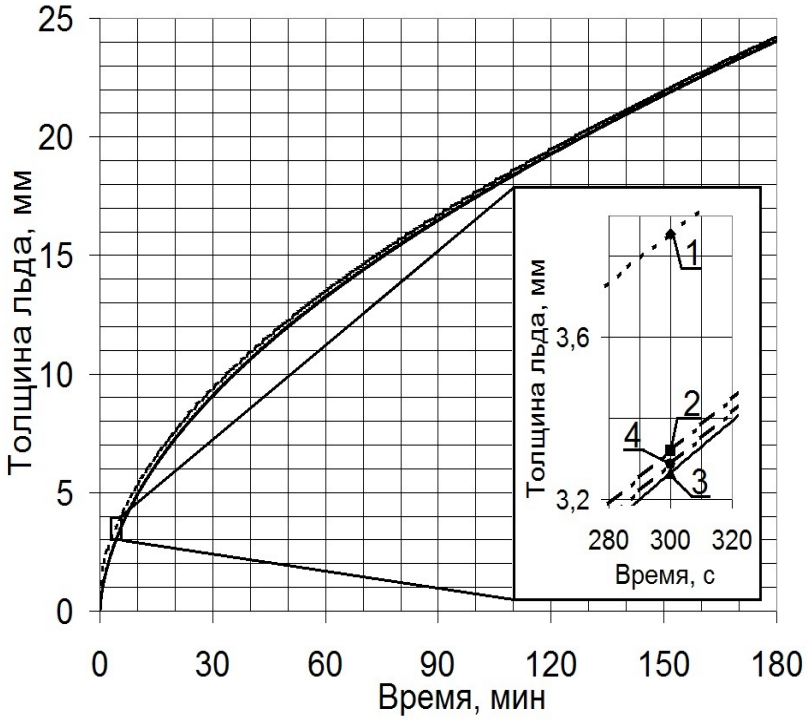


Рисунок 2 – Результаты расчета толщины вымороженного из раствора слоя льда при значениях единичного временного интервала $\Delta\tau$

1 - 60 с; 2 - $\Delta\tau$=10 с; 3 - $\Delta\tau$=1 с; 4 - $\Delta\tau$=10 с (усредненное значение теплового потока в единичном временном интервале)

Таким образом, для расчетной методики определения толщины слоя льда в зависимости от времени процесса более предпочтительно использовать единичный временной интервал $\Delta\tau$=10 с и усреднение теплового потока в текущем и следующим за ним единичном временном интервале.

Для проверки адекватности модели кристаллизации льда на цилиндрической стенке сравнили результаты расчета толщины слоя с экспериментальными данными криоконцентрирования обезжиренного молока на лабораторной установке, схема и описание которой представлены в работах [13,14].

Результаты сравнения приведены на рис. 3. Коэффициент корреляции модельных данных и результатами натурного эксперимента составил 0,99887, что свидетельствует об

адекватности предложенной математической модели вымораживания льда на цилиндрической поверхности. Таким образом, с помощью описанной методики с высокой степенью точности можно моделировать процессы намораживания льда при криоконцентрировании водных растворов и очистке воды методом разделительного вымораживания.

Модель кристаллизации льда позволяет определить массовую долю вымороженного при криоконцентрировании льда и удельную массу вымороженного льда. Под удельной массой подразумевается масса вымороженного льда, отнесенная к единице площади теплообменной поверхности при различных температурах охлаждающей среды и концентрируемого раствора, и при различных геометрических исполнениях теплообменной поверхности.

Полученная методика позволяет значительно упростить разработку технологий криоконцентрирования водных растворов пищевого, биотехнологического, фармацевтического назначения. Даст возможность проектирования технологий очистки воды и сточных вод разделительным вымораживанием, концентрирования и выделения компонентов из органических и неорганических растворов в химической промышленности.

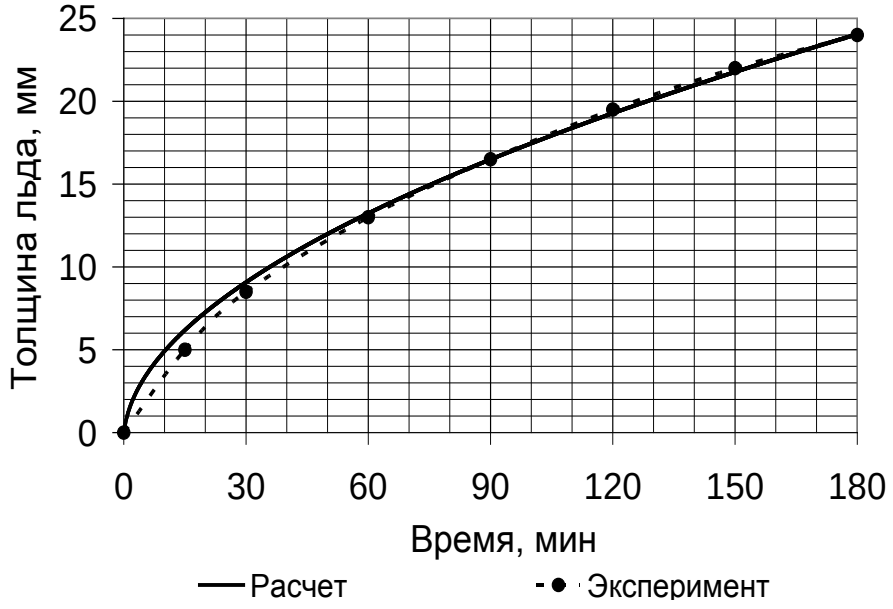


Рисунок 3 – Результаты сравнения расчетной модели определения толщины слоя льда с данными натурного эксперимента по криоконцентрированию обезжиренного молока на цилиндрической поверхности емкостного криоконцентратора

Дальнейшие работы в этом направлении будут ориентированы на исследования динамики изменения криоскопических температур растворов в процессе их криоконцентрирования. Учет изменения криоскопической температуры в процессе криоконцентрирования еще более повысит точность моделирования процессов разделительного вымораживания.

Список литературы

1. Пап, Л. Концентрирование вымораживанием: пер. с венг. / Л. Пап; под ред. О.Г. Комякова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 96 с.

2. Антипов, С. Т. Инновационное развитие процессов холодильного концентрирования жидких сред / С. Т. Антипов, В. Ю. Овсянников, А. А. Корчинский // Инновационное развитие техники пищевых технологий: материалы Международной научно-технической конференции.– 2015. – С. 206–210.

3. Evaluation and preventing measures of technological risks of food production / I. V. Surkov, A. Y. Prosekov, E. O. Ermolaeva, G. A. Gorelikova, V. M. Poznyakovskiy // Modern Applied Science. – 2015. – Vol. 9. – No. 4. – P. 45– 52.

4. Kandil, S. Influence of Freezing and Freeze Drying on Intracellular Enzymatic Activity and Autolytic Properties of Some Lactic Acid Bacterial Strains / S. Kandil, M. El Soda // Advances in Microbiology. – 2015. – No. 5. – P. 371–382. DOI: 10.4236/aim.2015.56039.

5. Impact of Water Activity, Temperature, and Physical State on the Storage Stability of *Lactobacillus paracasei* ssp. *Paracasei* Freeze-Dried in a Lactose Matrix / B. Higl [et al.] // Biotechnology Progress. – 2007. – Vol. 23. – P. 794–800. DOI: 10.1002/bp070089d.

6. Kiani, H. Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review / H. Kiani D.-W. Sun // Trends in Food Science & Technology. – 2011. – Vol. 22. – No. 8. – P. 407–426. DOI: 10.1016/j.tifs.2011.04.011.

7. Production of Dry *Lactobacillus rhamnosus* Preparations by Spray Drying and Lyophilization in Aqueous Two-Phase Systems / L. Katarzyna, R. Dembczyński, W. Białas, T. Jankowski // Acta Scientiarum Polonorum:Technologia Alimentaria. – 2009. – P. 39–49.

8. Fonseca, F. Method of Quantifying the Loss of Acidification Activity of Lactic Acid Starters during Freezing and Frozen Storage / F. Fonseca, C. Béal, G. Corrieu // Journal of Dairy Research. – 2000. – Vol. 67. – P. 83–90. DOI: 10.1017/S002202999900401X.

9. Короткий, И. А. Исследование работы емкостного кристаллизатора для разделительного вымораживания жидких пищевых продуктов / И. А. Короткий, Д. Е. Федоров, Н. А. Тризно // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 4. – № 27.– С. 106–110.

10. Короткий, И. А. Исследование процессов очистки воды разделительным вымораживанием / И. А. Короткий, Е. В. Короткая, А. В. Учайкин / Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 38. – № 3. – С. 89–94.

11. Антипов, С. Т. Кинетика процесса концентрирования вымораживанием вишневого сока / С. Т. Антипов, В. Ю. Овсянников, Я. И. Кондратьева // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2014. – № 4 (62). – С. 44–48.

12. Мальцева, О. М. Моделирование процесса намораживания льда на цилиндрической поверхности емкостного криоконцентратора / О. М. Мальцева // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42. – № 3. – С. 118–124.

13. Короткий, И. А. Исследование процессов криоконцентрирования молочной сыворотки / И. А. Короткий, П. А. Гунько, Д. Е. Федоров // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1. – С. 148–153.

14. Короткий, И. А. Разделительное вымораживание при переработке обезжиренного молока / И. А. Короткий, Е. В. Короткая, О. М. Мальцева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10. – С. 115–121.

УДК 542.8

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА МЕМБРАННЫХ УСТАНОВОК ПОЛУПРОМЫШЛЕННОГО ТИПА

Р. В. Котляров, А. Е. Тимофеев, Б. А. Лобасенко
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Мембранные методы разделения и очистки жидкостей и газов от микро- и макропримесей являются наиболее эффективными и экономичными в силу ряда преимуществ:

- проведение процессов в «мягких» технологических режимах;
- возможность осуществления одновременной очистки и концентрирования растворов;
- проведение процесса без фазовых превращений перерабатываемого продукта, что способствует сохранению качества.

К мембранным методам разделения жидких сред относятся обратный осмос, ультрафильтрация, микрофильтрация, диализ и электродиализ, мембранная дистилляция. Основными считают баромембранные процессы, движущей силой которых является разность давлений до и после полупроницаемой мембраны.

Между обратным осмосом и ультрафильтрацией нет принципиальных различий. В обоих случаях для осуществления разделения используют давление и полупроницаемые мембраны. Однако достигаемая на практике степень разделения, применяемые мембраны и рабочие условия, как правило, различны. Обычно обратноосмотическими мембранами считают те мембраны, которые показывают высокую степень задержания растворенных веществ с низкой молекулярной массой. Ультрафильтрационные мембраны обнаруживают невысокую степень задержания или вообще свободно пропускают такие растворенные вещества, как соли. Поэтому предлагается называть разделение растворенных веществ, молекулы которых имеют один порядок величины с молекул растворителя, обратным осмосом, а термин «ультрафильтрация» использовать при описании разделения растворенных веществ, размеры частиц которых превышают 10 диаметров молекулы растворителя. Другое отличие заключается в том, что в обратном осмосе приходится преодолевать значительное осмотическое давление (4–10 МПа), в то время как в ультрафильтрации разность давлений по сторонам мембраны невелика, порядка 0,3–1,0 МПа. Тем не менее, обратный осмос и ультрафильтрацию иногда называют общим термином «гиперфильтрация». Если мембранный процесс служит для выделения из растворов крупных коллоидных частиц или взвешенных микрочастиц, он носит название микрофильтрации.

Отличительной особенностью этих методов является не только размер задерживаемых частиц и используемое давление, но также и диаметр пор активного слоя мембраны. Существует следующая классификация мембранных процессов (табл. 1) [1].

Таблица 1 – Классификация мембранных процессов по величине пор селективного слоя

Процесс	Диаметр пор активного слоя, мкм
Обратный осмос	0,0001–0,001
Ультрафильтрация	0,001–0,02
Микрофильтрация	0,02–10

Кроме приведенной классификации существуют и другие, в которых размеры пор или частиц отличаются от указанных. Поэтому значения границ интервалов в классификациях достаточно условны.

Мембранная технология используется в различных отраслях народного хозяйства: в химической и нефтехимической промышленности [10], в биотехнологии и медицине, в пищевой промышленности, при очистке сточных вод [7, 11] и т. д. В молочной отрасли мембранные методы применяются для концентрирования молока, молочной сыворотки, пахты с целью приготовления на их основе различных молочных продуктов [2, 3, 5, 8, 12].

Моделирование и расчет аппаратов и установок составляют один из основных этапов внедрения технологического оборудования в производственный процесс [6]. Простота методов моделирования и расчета сокращает время пуска технологической линии, что, в свою очередь, позволяет ускорить получение прибыли. Большинство современных методик моделирования и расчета мембранного оборудования основано на моделях, описывающих физические закономерности процессов, протекающих при концентрировании жидких пищевых сред [9]. Однако такие методики сложны.

В последнее время распространение получили методы математического моделирования на основе теории автоматического управления. Аппарат передаточных функций позволяет описать поведение динамической системы практически любой структуры и сложности. В этом случае объект моделирования рассматривается как система взаимосвязанных компонентов, входов, выходов, взаимодействующая с окружающей средой. Входы и выходы системы формируют каналы передачи информации. Информация передается в виде сигналов. Свойства канала, влияющие на прохождение и трансформацию сигнала, описываются передаточной функцией. Таким образом, передаточная функция является неким динамическим оператором, который характеризует передачу сигнала через канал системы.

Основным методом исследования систем является метод «черного ящика», который позволяет изучать поведение системы по ее реакции на внешние воздействия, независимо от ее внутренней структуры. Большинство реальных систем настолько сложны, что даже при наличии полной информации, характеризующей состояние их элементов, не представляется возможным выявить закономерности поведения систем. Если абстрагироваться от структуры системы и заменить ее «черным ящиком», который функционирует сходным образом, это позволит построить ее упрощенную модель.

В связи с этим актуальной является разработка методики моделирования и расчета мембранного оборудования с отводом диффузионного слоя на основе передаточных функций.

Авторами [4] разработана методика моделирования мембранных установок периодического действия, получены передаточные функции для процесса мембранного концентрирования молочной сыворотки, определены зависимости, описывающие работу резервуаров с исходным сырьем, для сбора фильтрата и концентрата.

Актуальной задачей на данном этапе является автоматизация расчета параметров мембранных установок полупромышленного типа. Как правило, такие установки относятся к установкам периодического действия.

Зависимости, представленные в [4], реализованы в системе MatLAB при помощи стандартных средств приложения Simulink (рис. 1).

Проверка адекватности модели резервуара с исходным раствором проводилась по экспериментальным данным, полученным в ходе исследования работы лабораторной установки с постоянной площадью фильтрации. Содержание растворенных веществ в исходном растворе с течением времени снижается, что обусловлено отводом диффузионного слоя из замкнутой системы и циркуляцией в ней обедненного раствора.

Проверка адекватности модели резервуара для сбора концентрата также проводилась по экспериментальным данным. Качество моделей можно считать удовлетворительным, поскольку расхождение между экспериментальными и теоретическими данными составляет не более 3 %.

На основе полученных моделей процесса мембранного концентрирования в модуле с отводом диффузионного слоя и резервуаров для исходного раствора и сбора концентрата реализована методика расчета мембранных установок периодического действия.

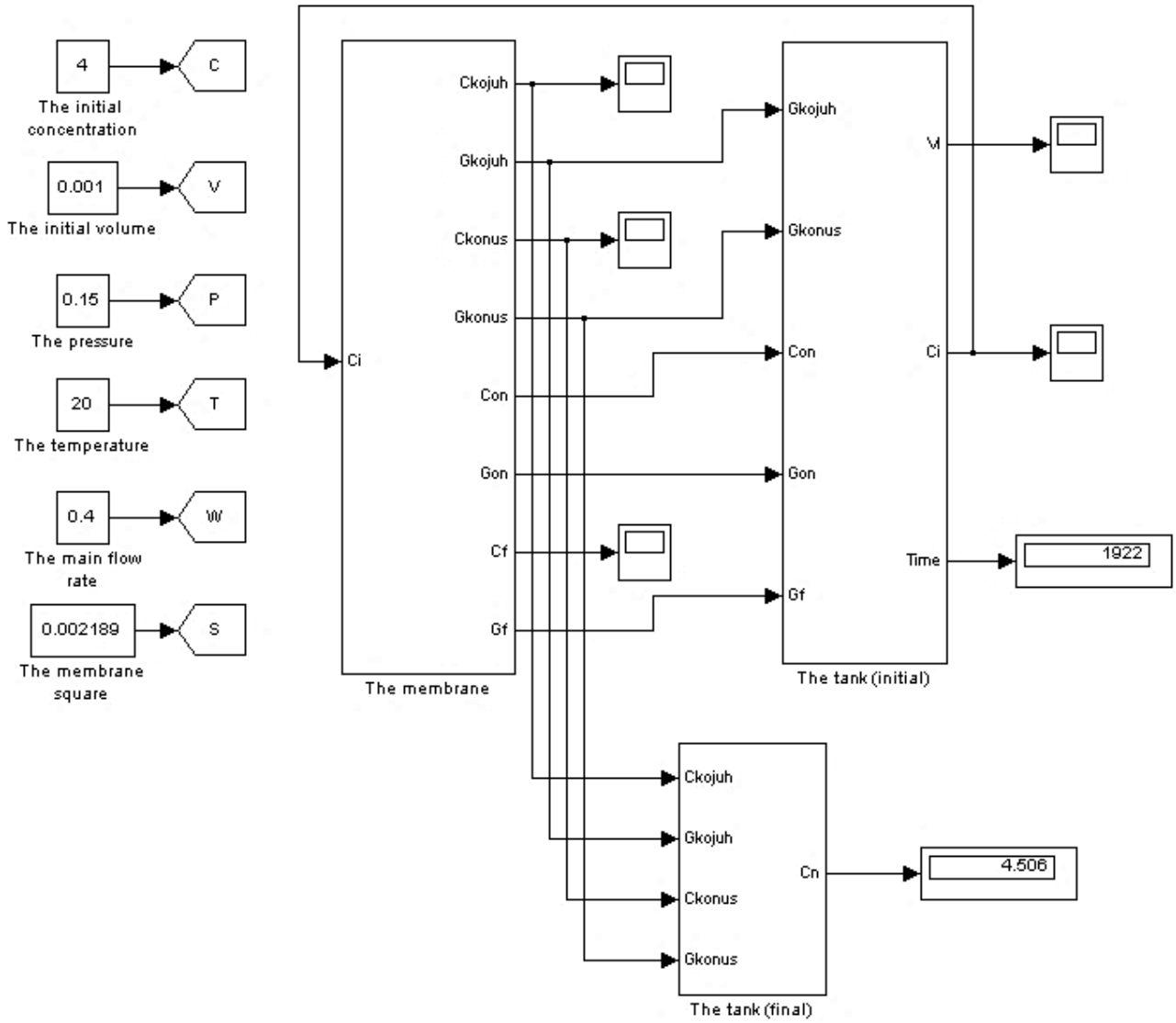


Рисунок 1 – Реализация модели процесса концентрирования на мембранной установке периодического действия

Расчет состоит из двух этапов. На первом этапе (рис. 2) исходными данными являются:

- исходная концентрация среды (C start), %масс.;
- конечная концентрация среды (C end), %масс.;
- конечный объем концентрата (V end), м^3;
- требуемое время проведения процесса, ч.

В результате определяются следующие показатели:

- количество этапов (циклов) процесса концентрирования (Model 1);
- исходный объем сырья, м^3 (Model 2);
- количество мембран (Model 3).

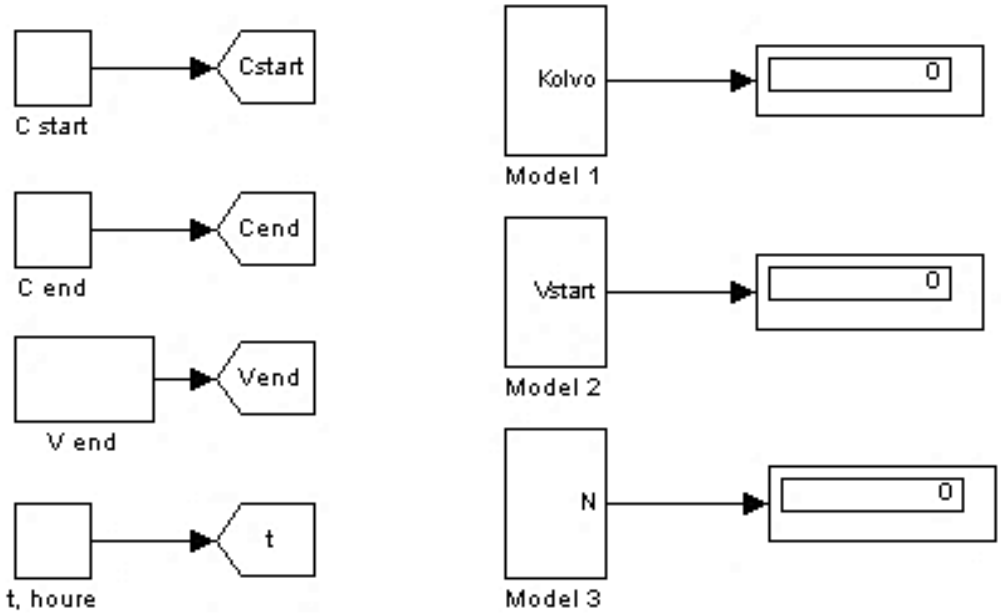


Рисунок 2 – Реализация первого этапа методики расчета мембранной установки

На втором этапе (рис. 3) мембраны распределяют по блокам (в зависимости от площади, занимаемой установкой) и проводят уточняющий расчет, в частности, при изменении технологических режимов процесса, используя следующие блоки:

- The membrane (1 blok) – начальный блок установки (в модели только один);
- The membrane (i blok) – блоки установки (выбираются произвольно в зависимости от площади установки);
- The initial tank – модель резервуара с исходным раствором (в модели только один);
- The final tank – модель резервуара для сбора концентрата;
- The parameters – блок технологических и конструктивных параметров (The initial concentration – начальная концентрация, The initial volume – начальный объем, The pressure – давление, The temperature – температура, The main flow rate – скорость основного потока, The membrane square – площадь мембраны).

Выходы одного блока соединяются связями с одноименными входами последующего блока. Динамика или конечное значение любого показателя могут быть зафиксированы посредством графика (Scope) или цифрового индикатора (Display) из библиотеки стандартных средств Simulink.

На основе предложенного программного комплекса была составлена модель процесса концентрирования молочной сыворотки на опытно-промышленной мембранной установке. Мембранный аппарат включает в себя две ступени, каждая из которых содержит по семь мембранных модулей с отводом диффузионного слоя общей площадью 0,023 м^2. Также в состав установки входят резервуар с исходным раствором и резервуар для сбора концентрата. Опытно-промышленная установка относится к установкам периодического действия с циркуляцией всего раствора. Процесс концентрирования продолжается до полного использования исходного раствора (0,01 м^3).

Экспериментальные данные, полученные в результате испытаний опытно-промышленной установки на производстве. Расхождение между экспериментальными и теоретическими данными составляет не более 6 %, что говорит об удовлетворительном качестве математической модели и возможности ее использования при инженерном расчете мембранных установок периодического действия.

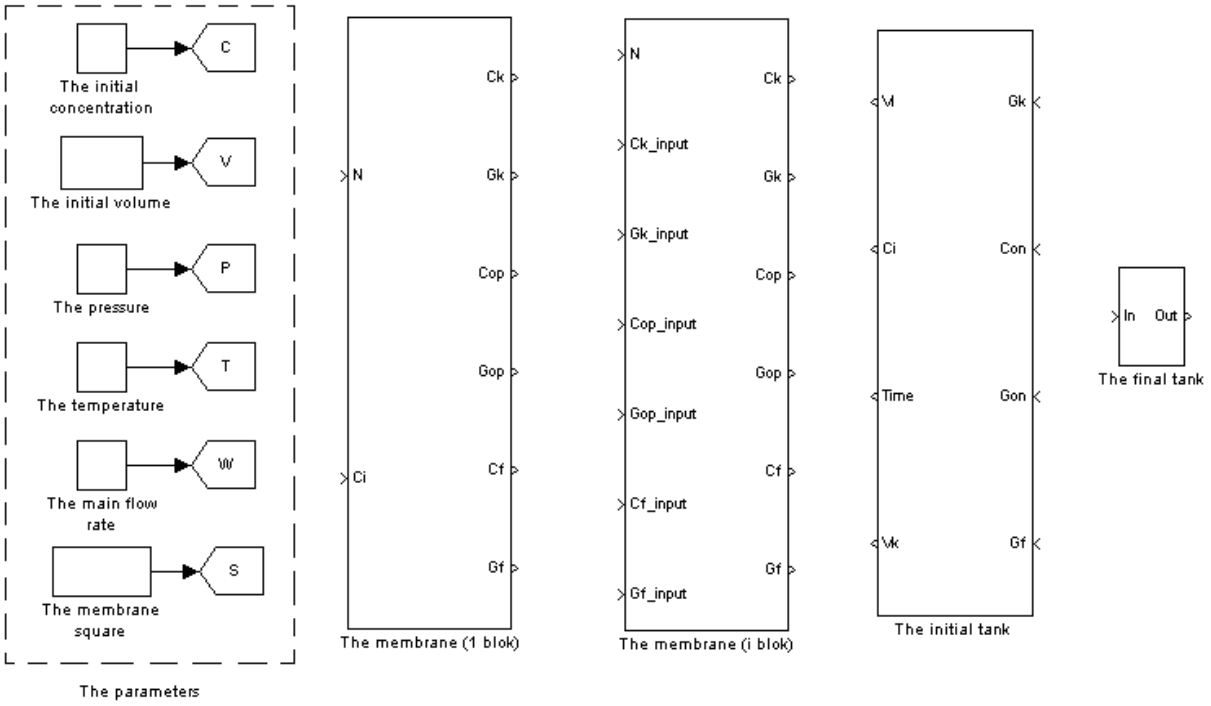


Рисунок 3 – Реализация второго этапа методики расчета мембранной установки

Рассмотрим моделирование процесса концентрирования в мембранной установке непрерывного действия с циркуляцией обедненного раствора. В установке данного типа исходный раствор подается в основной и циркуляционный аппараты первой ступени одновременно. Концентрат первой ступени поступает в основной и циркуляционный аппараты второй ступени и т.д.

Исходными значениями для расчета также являются площадь мембран (количество трубчатых модулей) в основном и циркуляционном аппаратах, технологические параметры процесса и концентрация задерживаемых веществ в исходном растворе. Рекомендуется заранее выбрать значения технологических параметров. Скорость движения концентрируемого раствора поддерживается на постоянном уровне питающими насосами. Методика моделирования и расчета мембранных установок с циркуляцией обедненного раствора заключается в следующем.

1. По количеству модулей основного и циркуляционного аппаратов первой ступени и скорости движения среды в мембранном канале определить общий расход обедненного раствора и концентрата на выходе ступени.
2. Определить содержание растворенных веществ в концентрате и обедненном растворе на выходе основного и циркуляционного аппаратов ступени. Определить количество образовавшегося фильтрата. При этом должно учитываться соотношение рециркуляции.
3. Оценить степень влияния соотношения рециркуляции и количества модулей циркуляционного аппарата на концентрацию продукта. Выбрать рациональные значения.
4. На основе общего расхода концентрата с первой ступени рассчитать количество модулей в основном аппарате следующей ступени. Рассчитать или задать количество модулей в циркуляционном аппарате ступени.
5. Определить показатели работы ступени.
6. При необходимости повторить пункты 1÷5 для третьей и последующих ступеней.

К определяемым параметрам относят площади фильтрации (количество трубчатых модулей) в каждом аппарате каждой ступени (кроме основного), общую площадь фильтрации (общее количество модулей), содержание растворенных веществ в концентрате и его расход на выходе каждой ступени и установки в целом

Таким образом, авторами предложены методика моделирования процесса мембранного концентрирования жидких пищевых сред в мембранном модуле с отводом диффузионного слоя. Разработаны программный комплекс и методика расчета мембранных установок полупромышленного действия.

Программный комплекс позволил провести расчет опытно-промышленной установки периодического действия. В результате сравнения экспериментальных данных, полученных в период испытаний на предприятии, и данных моделирования можно говорить об удовлетворительном качестве модели и возможности ее использования при разработке математического описания мембранных установок полупромышленного и промышленного типа.

Список литературы

1. Богомолов, В. Ю. Методика оценки периода эффективной работы ультрафильтрационной мембраны УАМ-150 / В. Ю. Богомолов, С. И. Лазарев, А. Е. Стрельников // Математические методы в технике и технологиях. – 2014. – Т. 7, № 7-1 (66). – С. 35–38.

2. Исследование кинетики ультрафильтрации творожной сыворотки / А. Н. Пономарев [и др.] // Молочная промышленность. – 2016. – № 4. – С. 78–79.

3. Лазарев, В. А. Переработка молочной сыворотки методом ультрафильтрации на керамических мембранах / В. А. Лазарев, Т. А. Титова // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. – № 10-1. – С. 77–79.

4. Лобасенко, Б. А. Моделирование мембранных установок периодического действия для переработки молочной сыворотки / Б. А. Лобасенко, Р. В. Котляров // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 4 (15). – С. 42–46.

5. Храмцов, А. Г. Инновации в переработке и использовании молочной сыворотки / А. Г. Храмцов // Переработка молока. – 2014. – № 2 (172). – С. 68–69.

6. A predictive model of separations in dead-end filtration with ultrathin membranes / K. J. P. Smith [et al.] // Separation and purification technology. – 2017. – Vol. 189. – P. 40–47.

7. Wenzheng, Yu. Application of pulsed UV-irradiation and pre-coagulation to control ultrafiltration membrane fouling in the treatment of micro-polluted surface water / Yu. Wenzheng, L. C. Campos, N. Graham // Water research. – 2016. – Vol. 107. – P. 83–92.

8. Effect of transmembrane pressure control on energy efficiency during skim milk concentration by ultrafiltration at 10 and 50 degrees C / S. Methot-Hains [et al.] // Journal of dairy science. – 2016. – Vol. 99. – P. 8655–8664.

9. Lobasenko, B. A. Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer / B. A. Lobasenko, A. G. Semenov // Food and Raw Materials. – 2013. – № 1. – P. 74–81.

10. Preparation and characterisation of Nylon/PEG/PAN composite membrane for liquid filtration / G. Nallathambi [et al.] // Indian journal of fibre & textile research. – 2017. – Vol. 42. – P. 480–487.

11. Total water production capacity inversion phenomenon in multi-stage direct contact membrane distillation: A theoretical study / L. Jung-Gilet [et al.] // Journal of membrane science. – 2017. – Vol. 544. – P. 126–134.

12. Ultrafiltration of modified milk whey / S. P. Babenyshev [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 101–110.

УДК 621.512.8

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕМБРАННОЙ ТЕХНИКИ

Б. А. Лобасенко*, М. М. Акимов**, А. Л. Касенов**, Б. Б. Кабулов**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, Республика Казахстан

Мембранные технологии в настоящее время широко используются в различных отраслях промышленности: пищевой, химической, биотехнологии и фармацевтике и др. Это обусловлено высокой эффективностью их использования. К основным достоинствам можно отнести: высокие показатели получаемых продуктов, так как процесс переработки осуществляется без повышения температуры, что важно при переработке биологически активных сред, подверженных инактивации; возможностью создания малоотходных и безотходных технологий за счет очистки сточных вод с целью их повторного использования в технологических циклах, а также извлечения ценных или экологически опасных веществ, содержащихся в этих водах; сравнительно низкие энергетические затраты на проведение процесса.

Мировой мембранный рынок за последние 50 лет ежегодно растет на 8–12 %. Российский рынок также демонстрирует высокую динамику развития (рис. 1). При этом порядка 9 % его приходится на биотехнологическую промышленность. Сравнивая отношение объема рынка мембран к объему ВВП развитых стран, получаются достаточно стабильные соотношения. Россия по этому показателю пока отстает. Но отставание будет преодолено, так как у мембранных методов много преимуществ по сравнению с типовыми процессами разделения. Помимо этого, существует серьезный научный потенциал специалистов в нашей стране.

В биотехнологии мембранные процессы могут быть использованы для отделения биомассы от культуральных жидкостей, выделения продуктов биосинтеза, обессоливания и очистки белков, концентрирования целевых компонентов, клеточного культивирования в мембранных биореакторах, стерилизации жидкостей. Данные процессы используются при производстве витаминов, ферментов, аминокислот, БАВ, органических кислот, углеводов, полисахаридов, антибиотиков и т. п.

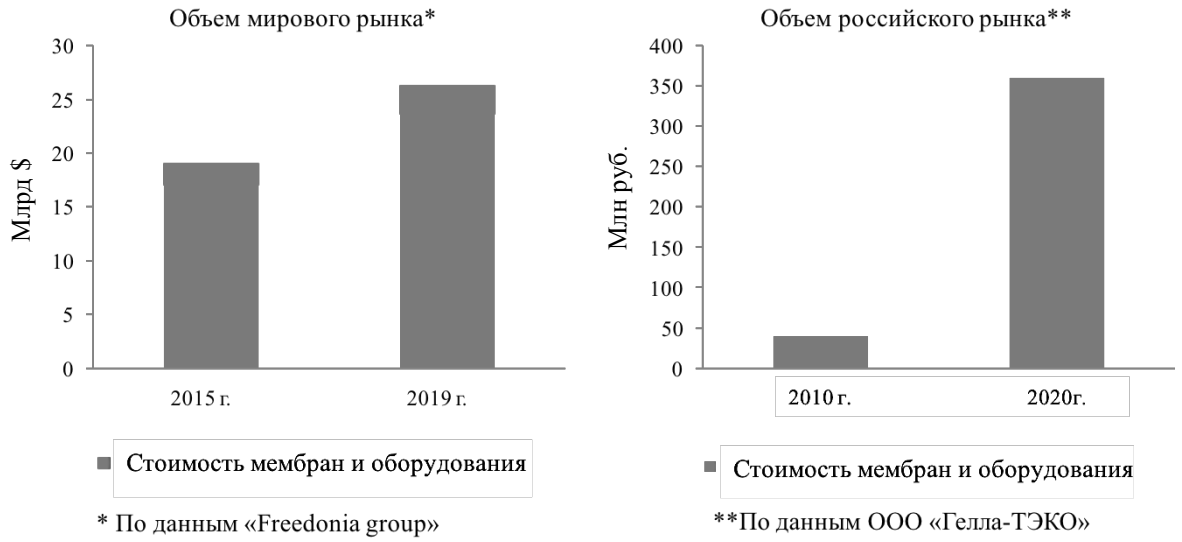


Рисунок 1 – Стоимость мембран и мембранного оборудования, выпускаемого в мире и в России

В настоящее время сформировалось несколько направлений развития мембранной техники:

– использование дополнительного покрытия мембранных элементов гидрофильными полимерами, снижающими адгезию поляризационного слоя [1];

– увеличение удельной рабочей поверхности аппаратов, что позволяет создавать компактное оборудование с высокой фильтрующей поверхностью [2];

– использование различных способов и устройств, снижающих концентрационную поляризацию и увеличивающих производительность [3, 4].

Анализ показывает, что полимерные материалы не являются универсальными для продуктов с различными физико-химическими свойствами, а пригодны лишь для отдельных групп. Кроме того, возможны ограничения по их использованию при переработке пищевых, лекарственных сред или продуктов детского питания.

Негативной стороной при создании компактных аппаратов с высокой удельной поверхностью является трудность эксплуатации за счет низкой ремонтопригодности.

Использование различных способов и устройств, снижающих концентрационную поляризацию, приводит к увеличению стоимости процесса и его усложнению.

Кроме того, общим недостатком этих направлений является невозможность полного исключения образования слоя задерживаемых веществ на поверхности мембраны (явление концентрационной поляризации).

В последнее время перспективным направлением в мембранной технологии является использование поляризационного слоя [5]. Возможность его применения обусловлена тем, что он имеет бóльшую концентрацию, чем раствор, находящийся в мембранном аппарате. Его использование значительно интенсифицирует скорость процесса и позволяет снизить продолжительность концентрирования. Предложенный подход предполагает создание новых типов аппаратов, принципиально отличающихся от типовых, и мембранных установок, в которых они могут быть использованы.

На основе предложенного способа нами были разработаны конструкции мембранных аппаратов и установок, техническая новизна которых защищена 20 патентами РФ [6, 7].

Эти типы аппаратов можно разделить на три группы:

– оборудование, в котором производится отвод слоя;

– аппараты, в которых совместно с отводом слоя периодически, через некоторый промежуток времени, осуществляется очистка мембраны;

– конструкции, осуществляющие одновременный отвод слоя и очистку мембраны.

Анализ первой группы показывает, что они являются наиболее простыми в техническом исполнении. Поэтому стоимость их изготовления будет невелика. Недостатком их является уменьшение концентрации отводимого слоя с течением времени за счет накопления неподвижного осадка на мембране. Кроме того, это приводит к снижению проницаемости по отводимому фильтрату, что также снижает производительность.

С учетом этих недостатков была предложена вторая группа, отличительной стороной которой является возможность проведения периодической очистки мембраны. Это позволяет освободиться от накопившегося на мембране осадка и увеличить производительность по фильтрату, а также поддерживать концентрацию отводимого поляризационного слоя на достаточно высоком уровне. Однако на время очистки не производится отвод слоя, а значит, уменьшается продолжительность основной работы, а вместе с ней и производительность.

Наилучшей с точки зрения высокой производительности является третья группа мембранных аппаратов, в которых имеется возможность совместной работы по отводу поляризационного слоя и очистки мембраны. Для этого используются различные варианты технических решений. Это позволяет достаточно продолжительное время поддерживать высокую проницаемость по фильтрату, которая благоприятно влияет на концентрацию поляризационного слоя. Недостатком этой группы является более сложная конструкция аппаратов и, как следствие, более высокая стоимость.

На основе экспериментальных образцов было разработано промышленное оборудование, которое состоит из мембранного элемента и присоединенного к нему отводящего устройства [8]. В качестве мембранного элемента могут быть использованы как оригинальные конструктивные решения, так и типовые аппараты, которые изготавливаются промышленностью. Принцип работы такого оборудования заключается в следующем: исходный раствор поступает в аппарат и с помощью мембран разделяется на фильтрат, который выводится из корпуса, обедненный поток и более концентрированный поляризационный слой, получаемые в отводящем устройстве. При концентрировании растворов конечным продуктом является поляризационный слой. Его количество и концентрация зависят от конструкции отводящего устройства, поэтому его разработке уделялось особое внимание. Имеется несколько подходов при его проектировании:

– изготовление отдельных узлов и деталей и их последующая сборка для получения готового образца;

– использование 3d-моделирования для получения готовой модели.

Второй способ наиболее целесообразен, т. к. менее трудоемок. Однако точность изготовления в этом случае несколько ниже, и по качеству исполнения он уступает первому.

На основе разработанного оборудования предложено два типа установок: периодического и непрерывного действия.

Установка периодического действия комплектуется емкостями для перерабатываемого раствора, поляризационного слоя и фильтрата, а также циркуляционными, питающими насосами, двух и трехходовыми вентилями, мембранными модулями. Основное и вспомогательное оборудование формируется в виде двух однотипных контуров. Принцип его работы заключается в циркуляции раствора по одному из контуров, который включает емкость, трубопровод и мембранный аппарат. При циркуляции раствора по одному из контуров он поступает в мембранный аппарат, где разделяется на фильтрат, обедненный поток и поляризационный слой. Фильтрат отводится из аппарата, обедненный слой циркулирует в этом контуре, а поляризационный слой отводится в емкость другого контура. Циркуляция раствора продолжается до тех пор, пока имеется раствор в первой емкости. Если раствор закончился, а концентрация продукта не достигнута, в работу вступает вторая емкость с поляризационным слоем, который выступает в качестве исходного раствора. При этом его циркуляция происходит по второму контуру аналогичным образом. Смена емкостей и соответствующих контуров продолжается до получения необходимой концентрации продукта.

Установка непрерывного действия состоит из блоков или ступеней концентрирования, которые включают емкость для раствора, питающие и циркуляционные насосы, обеспечивающие, соответственно, подачу исходного раствора и циркуляцию обедненного потока, мембранных аппаратов. Исходный раствор из емкости поступает в первый блок, где разделяется в мембранном аппарате на фильтрат, обедненный поток и поляризационный слой. Фильтрат отводится из системы, обедненный поток циркулирует внутри блока. Поляризационный слой, как более концентрированный, отводится на следующий блок. Таким образом, происходит ступенчатая концентрация в каждом контуре. Отвод и использование поляризационного слоя, имеющего бóльшую концентрацию, позволит значительно увеличить производительность процесса концентрирования и уменьшит его продолжительность, что важно при работе с лабильными веществами.

Важной задачей при проектировании установок является экономическая составляющая, предусматривающая использование минимального количества единиц основного и вспомогательного оборудования, которое должно быть использовано при производстве необходимого количества конечного продукта заданной концентрации. Кроме того, для сохранения высокого качества необходимо предусмотреть при переработке биологических растворов уменьшение времени переработки. С учетом этих обстоятельств, предлагается два варианта решений:

1. Комплектация мембранного блока из фильтрующих элементов с отводящими устройствами для поляризационного слоя, которые в каждом блоке уменьшаются по

площади. Это обусловлено тем, что количество исходного раствора, поступающего на следующий блок, уменьшается на величину отводимого обедненного потока и количество фильтрата. Если разница концентраций раствора в блоках как для поляризационного слоя, так и обедненного потока не превышает 10 %, целесообразно объединять их трубопроводы.

В том случае, если используются одинаковые по площади мембранные блоки, для компенсации уменьшения количества поляризационного слоя, отводимого на следующий блок, необходимо предусмотреть промежуточные емкости для его накопления.

2. Комплектация установки из двух разных по площади мембранных элементов: основного и вспомогательного. Назначение вспомогательного – компенсация уменьшения объемного расхода раствора за счет отвода поляризационного слоя. При этом количество отводимого поляризационного слоя на каждом блоке будет одинаковым. Это необходимо, чтобы гидродинамические условия в каждом блоке были схожими.

Важную роль в исследовании мембранных процессов играет математическое моделирование. При моделировании этих процессов наибольшее распространение получили методы аналитического исследования посредством составления дифференциальных уравнений, описывающих те или иные процессы, математической статистики и кибернетического подхода, реализуемого на основе механизма передаточной функции.

Аналитические исследования мембранных процессов позволяют создавать системы дифференциальных уравнений, описывающих их. Эти уравнения наиболее точно отражает природу процессов, их поведение, структуру и свойства, т. е. полностью отражают теорию их работы. Такие теоретические модели являются наилучшими с точки зрения прогнозирования результатов технологических процессов. Но создание таких моделей очень трудоемко и требует фундаментальных теоретических знаний того или иного процесса. К сожалению, не все технологические процессы имеют такую научную базу для исследований.

Помимо трудностей при составлении теоретических моделей, существуют трудности их анализа. Проанализировать дифференциальную модель низких порядков (1-го и 2-го) достаточно просто, но вот анализ моделей высоких порядков представляет большую сложность и, зачастую, возможен лишь численными методами. Поэтому в случаях, когда не требуется вникать в природу технологического процесса, а требуется лишь составить прогноз процесса, вполне допустимо использование других методов математического моделирования.

Одними из самых распространенных методов выявления зависимостей в объектах и составления прогнозов их работы являются методы математической статистики. Они позволяют на основе экспериментальных данных составить эмпирические стохастические модели. Эти модели дают результат с удовлетворительной точностью.

Недостатком данного вида моделирования является сильная привязанность к экспериментальным данным, что допускает большую вероятность ошибок, которую можно сделать при проведении экспериментов.

Методом математического моделирования, которому в наименьшей степени присущи вышеперечисленные недостатки, является кибернетический подход [9–11]. Кибернетический подход в сочетании с системным подходом позволяет представить технологический процесс как систему, которая функционирует по своим законам и принципам. Структура же системы представляет собой так называемый «черный ящик». Она помогает изучать поведение систем, т. е. ее реакции на различные внешние воздействия, абстрагируясь от их внутреннего устройства. Многие системы оказываются настолько сложными, что, даже имея полную информацию о состоянии их элементов, практически невозможно связать ее с поведением системы в целом. В подобных случаях представление такой сложной системы в виде некоторого «черного ящика», функционирующего аналогичным образом, облегчает построение упрощенной модели. Анализируя поведение модели и сравнивая его с поведением системы, можно сделать ряд выводов о свойствах самой системы.

Немаловажным фактором использования этого подхода является возможность проведения комплексной автоматизации процесса, включая использования обратной связи. Это позволяет влиять на работу рабочих органов, обеспечивающих работу оборудования с целью оптимизации процесса.

Список литературы

1. Sarkar, B. A study of electric field enhanced ultrafiltration of synthetic fruit juice and optical quantification of gel deposition / B. Sarkar, S. Pal, T. B Ghosh // Journal of Membrane Science. – 2008. – Vol. 311. – P. 112–120.

2. Cai, M. Mechanisms for the enhancement of ultrafiltration and membrane cleaning by different ultrasonic frequencies / M. Cai, S. Zhao, H. Liang // Desalination. – 2010. – Vol. 263. – P. 133–138.

3. Qaisrani, T. M. Impact of gas bubbling and backflushing on fouling control and membrane cleaning / T. M. Qaisrani, W. M. Samhabe // Desalination. – 2010. – Vol. 266. – P. 154–161.

4. Zhou, N. Investigation of hybrid spring-membrane system for fouling control / N. Zhou, A. G. Agwu Nnanna // Desalination. – 2011. – Vol. 276. – P. 117–127.

5. Lobasenko, B. A. Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer / B. A. Lobasenko, A. G. Semenov // Foods and Raw Materials. – 2013. – № 1. – P. 74–81.

6. Лобасенко, Б. А. Ультрафильтрация: Теория и практика / Б. А. Лобасенко, А. Г. Семенов, Ю. Н. Захаров. – Новосибирск : Наука, 2015. – 204 с.

7. Lobasenko, B. A. Membrane apparatus and plants development with polarization layer baffing / B. A. Lobasenko, R. V. Kotlyrov // Materials of the IV international research and practice conference. – 2013. – Vol. 1. – P. 106–107.

8. Устройство для отвода поляризационного слоя : пат.162804 Рос. Федерация: МПК7 B 01D 63/06/ Лобасенко Б. А. ; заявитель и патентообладатель Лобасенко Б. А. – № 20141541779/05 ; заявл. 29.12.14 ; опубл. 27.06.16, Бюл. № 18.

9. Лобасенко, Б. А. Математическое моделирование процесса мембранного концентрирования на основе кибернетического подхода / Б. А. Лобасенко, Р. В. Котляров, Е. К. Сазонова // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 1-2. – С. 70–75.

10. Математическое моделирование и экспериментальные исследования мембранного концентрирования в аппаратах с отводом поляризационного слоя / Б. А. Лобасенко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 6, № 3. – С. 151–159.

11. Бородулин, Д. М. Разработка и математическое моделирование непрерывно-действующих смесительных агрегатов центробежного типа для переработки сыпучих материалов. Обобщенная теория и анализ (кибернетический подход) / Д. М. Бородулин. – Кемерово : КемТИПП, 2013. – 201 с.

УДК 664.642.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ДРОЖЖАМИ В ПОЛУФАБРИКАТАХ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Г. И. Назимова, Е. В. Назимова
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Хлебопекарные дрожжи являются микроорганизмами, относящимися к семейству сахаромицетовых (*Saccharomycetaceae*), роду сахаромицес (*Saccharomyces*), виду церевизиа (*Cerevisiae*) [1].

Необходимую для жизнедеятельности энергию дрожжевые клетки могут получать как за счет аэробного, так и анаэробного дыхания, то есть спиртового брожения [2–4].

Особенностью хлебопекарных дрожжей как сырья хлебопекарной промышленности являются совершенно различные условия жизнедеятельности на этапах их производства и использования [5–9].

При производстве хлебопекарных дрожжей реализуются все возможные меры, направленные на накопление биомассы дрожжевых клеток за счет их размножения и роста в условиях интенсивной аэрации жидких питательных сред, то есть в присутствии кислорода [10, 11].

Считается, что в условиях хлебопекарного производства, жизнедеятельность дрожжей происходит в полуфабрикатах по анаэробному механизму [12–14].

Нами исследовано изменение содержания кислорода в полуфабрикатах хлебопекарного производства. Для этого использовали йодометрический метод [15].

Количество потребленного кислорода дрожжами в полуфабрикатах $G_{потр}$, мг/л, за время t рассчитывали по формуле:

$$G_{потр} = G - G_{ост\,t} - G_{дес\,t}; \quad (1)$$

где G – начальное содержание кислорода в полуфабрикате, мг/л;
$G_{ост\,t}$ – содержание кислорода в полуфабрикате по истечении времени t, мг/л;
$G_{дес\,t}$ – десорбция кислорода из бездрожжевого полуфабриката за время t, мг/л.

Йодометрический метод основывается на химических реакциях, при которых выделяется хлор в количестве, эквивалентном содержанию кислорода, и модифицированным применительно к нашим полуфабрикатам. По методике [15] содержание кислорода в полуфабрикатах хлебопекарного производства принято исследовать в разбавленных растворах. Вода, используемая для разведения, содержит растворенный кислород (до 9 мг/л), что приводит к завышению результатов определения кислорода в полуфабрикатах. Для повышения точности определения кислорода нами предложено воду, идущую на разбавление, кипятить в течение 15–20 мин для удаления из нее кислорода. Также при определении кислорода в дрожжевой суспензии и жидком полуфабрикате, содержащих большое количество органических веществ, возможно связывание ими йода, вследствие чего искажаются результаты. Нами предложено, применительно к полуфабрикатам хлебопекарного производства, использовать при определении содержания кислорода величину поправки на связывание йода, применяемую при анализе в дрожжевой промышленности [15]. Для этого необходима постановка контрольного опыта.

Пробы полуфабрикатов для определения кислорода брали в количестве 20–30 мл в конические колбы вместимостью 300 мл с притертыми пробками и добавляли 200 мл кипяченой воды. Для каждого определения ставили два опыта: основной и контрольный. Колбы плотно закрывали и содержимое перемешивали. В контрольную колбу вносили 15 мл 0,1 Н раствора J_2 и 3 мл раствора NaOH с KJ и закрывали, в основную – 15 мл 0,1 Н раствора J_2, 3 мл раствора NaOH с KJ и 2 мл $MgCl_2$. По истечении 30 мин в колбы вносили 2–3 мл

концентрированной серной кислоты и снова взбалтывали. Йод, выделившийся в основном и контрольном опыте, титровали 0,1 Н раствором тиосульфата натрия в присутствии крахмала.

Количество кислорода *G*, мг, содержащегося в 1 л полуфабриката, рассчитывали по формуле:

$$G = \frac{(a_1 - a_2) * 8 * T}{p} * 1000; \quad (2)$$

где a_1, a_2 – количество 0,1 Н раствора тиосульфата натрия, пошедшего на титрование в основном и контрольных опытах, мл;
8 – миллиграмм-эквивалент кислорода;
T – титр раствора тиосульфата натрия;
p – объем полуфабриката, мл.

При наличии в среде кислорода дрожжи активно его потребляют. Для определения потребления дрожжами кислорода исследовали изменение содержания его в полуфабрикатах во времени. Для этого определяли изменение содержания кислорода в дрожжевой суспензии и жидкой опаре, насыщенных до различного начального содержания кислорода. За контроль принимали изменение содержания кислорода в полуфабрикатах без насыщения. Поскольку в насыщенных кислородом полуфабрикатах возможна его десорбция, исследовали уменьшение количества кислорода в пробах полуфабрикатов без дрожжей.

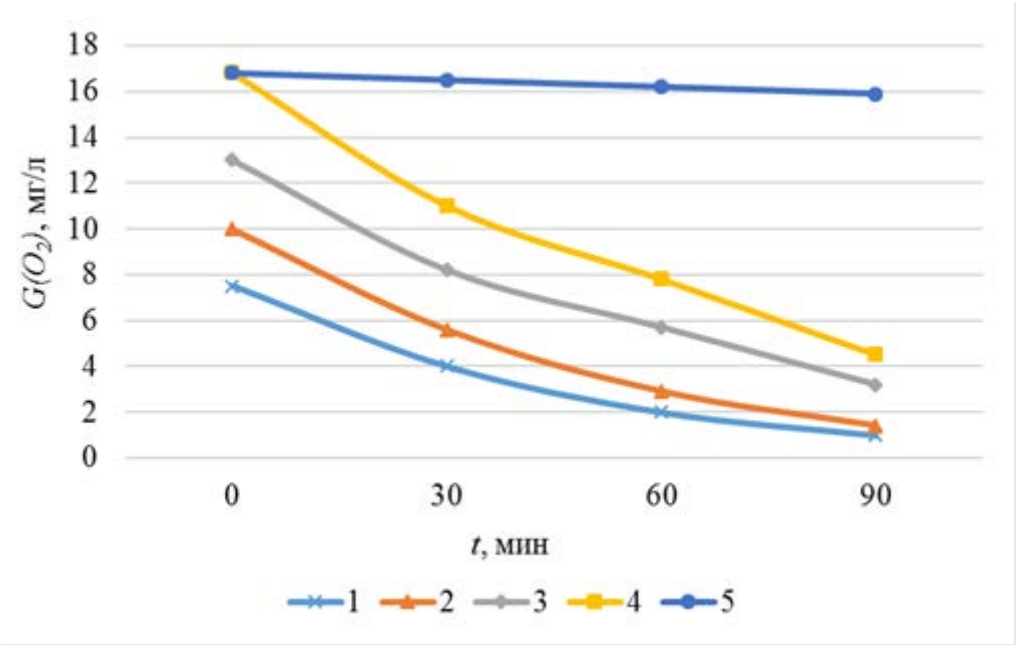


Рисунок 1 – Изменение содержания кислорода в дрожжевой суспензии (1, 2, 3, 4) и воде (5) во времени: 1 – контроль; 2, 3, 4, 5 – насыщенной кислородом

Как видно из рис. 1, десорбция кислорода из воды шла равномерно и составила 0,3 мг за каждые 30 мин. Иной характер изменения содержания кислорода в дрожжевой суспензии. В контрольной пробе количество кислорода изменялось с 7,5 до 1,0 мг/л. За исследуемый период времени (90 мин) изменение кислорода в дрожжевой суспензии неравномерно, в начале его содержание уменьшилось на 3,5 мг/л, а через 30 мин – лишь на 2,1 и 0,9 мг/л. В дрожжевой суспензии, насыщенной кислородом, изменение содержания кислорода во времени носило такой же характер.

О количестве потребленного кислорода дрожжами судили по его изменению в дрожжевой суспензии за определенные интервалы времени (30 мин), при этом в насыщенных пробах учитывали уменьшение количества кислорода за счет десорбции.

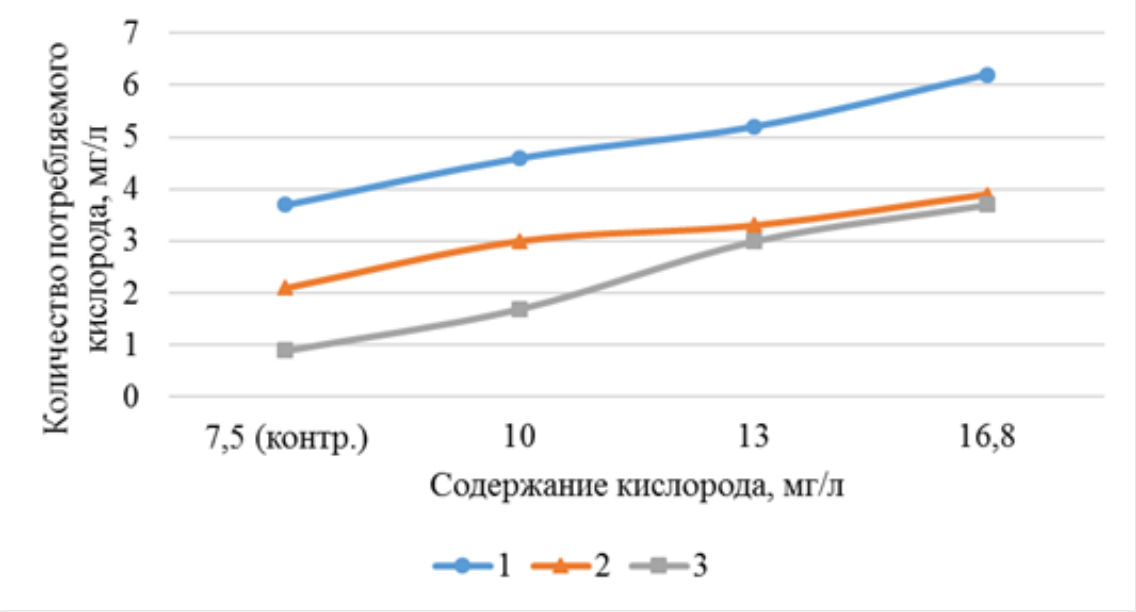


Рисунок 2 – Потребление кислорода дрожжами в суспензии за время: 1-0-30; 2-30-60; 3-60-90 мин.

Как видно из рис. 2, количество потребленного кислорода тем выше, чем больше его начальное содержание. За 30 мин количество потребленного кислорода в пробах с начальным содержанием кислорода 10,0; 13,0; 16,8 мг/л составило, с учетом десорбции, 4,7; 5,0 и 6,1 мг/л соответственно. Общее количество потребленного кислорода за 90 мин составило в контроле 6,4 мг/л, в опытных пробах – 9,4; 10,8 и 13,2 мг/л. Следовательно, за один и тот же период времени количество кислорода в два раза выше, чем в контроле.

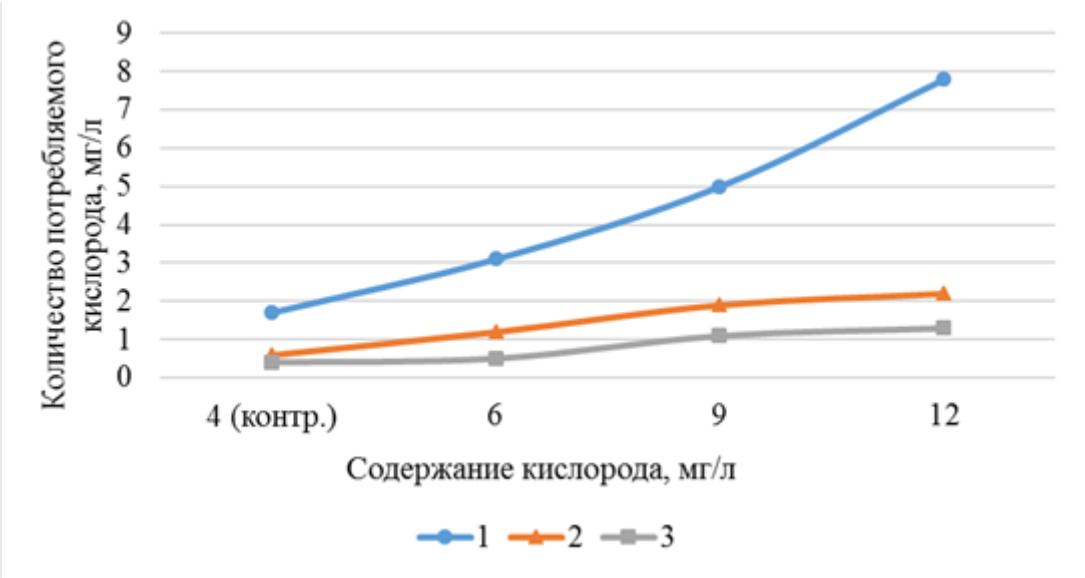


Рисунок 3 – Потребление кислорода дрожжами в жидкой опаре за время: 1-0-30; 2-30-60; 3-60-90

В жидкой опаре без дрожжей уменьшение кислорода за счет десорбции происходило равномерно во времени и составило 0,15 мг/л за 30 мин. В контрольной пробе количество кислорода за 90 мин уменьшилось с 4,0 до 1,4 мг/л, то есть составило 2,6 мг/л. Как видно из рис. 3, в насыщенной жидкой опаре изменение содержания кислорода во времени более

интенсивно, особенно в первые 30 мин. В пробах с начальным содержанием кислорода 6,0; 9,0 и 12,0 мг/л через 30 мин содержание кислорода составило 3,0; 4,0 и 4,6 мг/л соответственно, а через 90 мин во всех пробах было примерно равное и составило 1,4–1,6 мг/л.

Общее количество потребленного кислорода с учетом десорбции больше в пробах с большим начальным его содержанием и составляло 5,0; 8,0 и 14,0 мг/л (рис. 4).

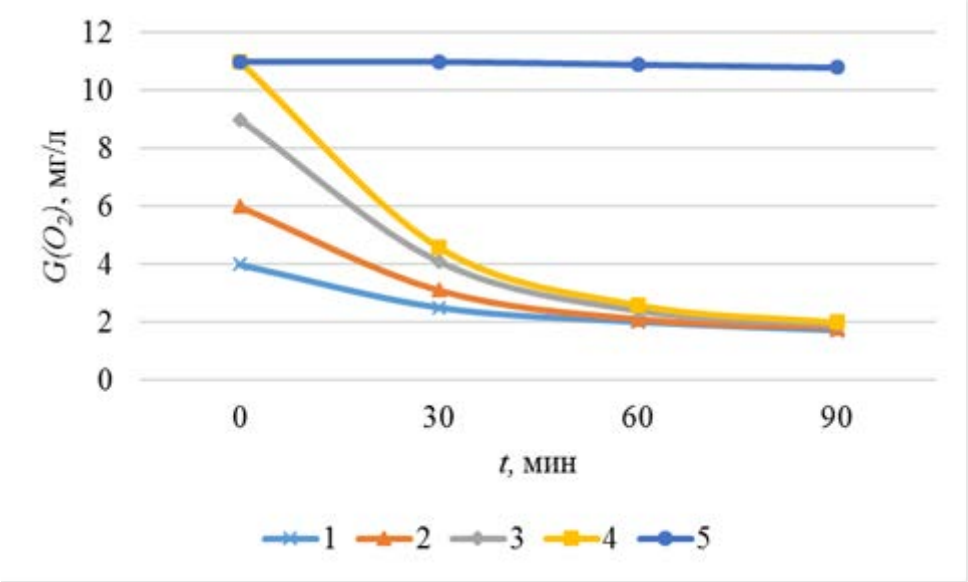


Рисунок 4 – Изменение содержания кислорода в жидкой опаре при брожении (1, 2, 3, 4) и без брожения (5): 1 – контроль; 2, 3, 4, 5 – насыщенной кислородом

Таким образом, в жидкой опаре, насыщенной кислородом, потребление его дрожжами было более интенсивным. В пробах с большим количеством кислорода потреблялось большее его количество. Приведенные данные показали, что для увеличения содержания кислорода в тесте необходимо использовать полуфабрикаты сразу после насыщения, так как дрожжи активно потребляют кислород, содержащийся в полуфабрикатах. При этом изменение содержания кислорода в жидкой опаре происходило интенсивнее, вероятно, за счет вовлечения кислорода в окислительные процессы, наряду с потреблением его дрожжами.

Список литературы

1. Меледина, Т. В. Использование дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* для замедления микробной порчи пшеничного хлеба / Т. В. Меледина // Пищевая промышленность. – 2014. – Т. 1, вып. 1. – С. 46–50.

2. Гвасалия, Т. С. Дрожжи хлебопекарные как основное сырье хлебопекарного производства // Т. С. Гвасалия, Т. П. Якименко, О. А. Макличенко // Современная наука и инновации. – 2016. – № 4. – С. 144–158.

3. Богатырева, Т. Значение хлебопекарных дрожжей в технологии и микробиологическом заражении хлеба / Т. Богатырева, И. Белявская // Хлебопродукты. – 2012. – № 2. – С. 56–59.

4. Jakubowski, W. Sensitivity of antioxidant-deficient yeast saccharomyces cerevisiae to peroxynitrite and nitric oxide / W. Jakubowski, G. Bartosz, T.BiliŃski // Biochimica et Biophisica ACTA (BBA)/General Subjects. – 1999. – № 1-2. – P. 395–398.

5. Пономарева, О. И. Акцент на хлебопечение! / О. И. Пономарева // Хлебопечение России. – 2016. – № 4. – С. 4–7.

6. Хатко, З. Н. Хлебопекарные дрожжи: характеристика и способы активации (обзор) / З. Н. Хатко, А. А. Стойкина // Новые технологии. – 2016. – № 2. – С. 39–44.

7. Поландова, Р. Д. Развитие ассортимента хлебопекарных прессованных дрожжей – состояние и перспективы / Р. Д. Поландова, Л. А. Шлепенко // Хлебопечение России. – 2005. – № 4. – С. 2–3.

8. Brinques, G. B. Optimization of probiotic and acid production by *Lactobacillus plantarum* in submerged bioreactor system / G. B. Brinques, M. A. Z. Ayub, M. Do Carmo Peralba // Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology. – 2010. – № 2. – P. 205–212.

9. Astapovich, N. I. Isolation and Characterization of Polygalacturonase from Saccharomyces Pastorianus / N. I. Astapovich, N. E. Ryabaya // Applied Biochemistry and Microbiology. – 1997. – Vol. 33 (3). – P. 252–256.

10. Жуковская, С. В. Изучение кривой роста хлебопекарных дрожжей в зависимости от параметров технологического процесса / С. В. Жуковская // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2015. – № 7. – С. 96–100.

11. Тулякова, Т. В. Дрожжевая промышленность России / Т. В. Тулякова // Хлебопечение России. – 1996. – № 1. – С. 29–30.

12. Абакумова Т. Н. Использование кислорода для повышения активности дрожжей в хлебопекарном производстве : автореф. дис. … канд. техн. наук : 15.18.11 / Абакумова Татьяна Николаевна. – Воронеж, 1981. – 26 с.

13. Пермякова, Л. В. Исследование различных способов снижения потребности дрожжей в кислороде / Л. В. Пермякова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 3. – С. 42–50.

14. Evaluation of Newly Developed Mid-Infrared Sensor for Real-Time Monitoring of Yeast Fermentations // R. Schalk [et al.] // Biochemica et Biophysica ACTA (BBA) / General Subjects. – 2017. – № 5. – P. 651–657.

15. Назимова, Г. И. Интенсификация приготовления теста для булочных изделий на жидкой опаре путем использования молекулярного кислорода : дис. … канд. техн. наук : 15.18.01 / Назимова Г. И. – Воронеж, 1982. – 234 с.

УДК664.8.037.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ НЕРАЗДЕЛАННОЙ РЫБЫ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА

Е. Н. Неверов*, А. Л. Ишевский**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, г. Санкт-Петербург, Россия

В последние годы существенно увеличился спрос на охлажденную рыбу т. к. она обладает рядом достоинств перед замороженной (имеет более высокие вкусовые качества, сохраняет большее количество микро- и макроэлементов). В то же время существует большой недостаток – это продолжительность хранения, которая у охлажденной рыбы значительно меньше, в отличие от замороженной [1, 3, 6, 7].

В промышленности большое распространение имеют методы охлаждения рыбы, в которых в качестве охлаждающих сред используются воздух, холодная вода, растворы солей или водный лед. Перечисленные методы охлаждения имеют ряд недостатков, таких как изменение внешнего вида продукта, продолжительность охлаждения, поглощение большого количества влаги. Все эти аспекты ведут к потере качества рыбы, к сокращению сроков ее хранения и, как следствие, к снижению спроса у покупателей на данный товар [2, 8, 12].

Большое внимание в холодильной технике и технологии, как в нашей стране, так и за рубежом, уделено направлению по совершенствованию методов охлаждения рыбы, а также поискам способов ее хранения, исключающих недостатки традиционных способов охлаждения. При этом акцент делается на поиск современных безопасных рабочих тел, которые будут применены в холодильной промышленности. К одним из таких рабочих тел относится диоксид углерода, который в последние годы находит широкое применение в закрытых холодильных системах и контактных аппаратах [4, 7, 8, 11].

Благодаря Монреальскому и Киотскому протоколам по вопросу защиты окружающей среды остановлено производство хладагентов R12, R502, и др., а с 2020 г. и хладона R22, широко применяемых в установках для холодильной обработки рыбы, которые в последние годы все чаще заменяются на диоксид углерода.

На предприятиях спиртоперерабатывающей промышленности производится большое количество СО2, который затем выбрасывается в атмосферу, а в соответствии с обсуждением правительства Российской Федерации платы за выброс углекислого газа в атмосферу задача дельнейшей его утилизации или переработки становится весьма актуальной [9, 10].

В предложенной нами технологии использован данный диоксид углерода для контактной обработки продуктов методом, основанным на использовании процесса сублимации – перехода диоксида углерода из твердой в газообразную фазу с температурой −78 °С. Принцип этого способа охлаждения в том, что снегообразный диоксид углерода наносится на поверхность продуктов, а полученный газ диоксида углерода рекуперируется и повторно используется для охлаждения рыбы.

Разработанное оборудование для холодильной обработки рыбы позволяет охлаждать ее как газообразным, так и снегообразным диоксидом углерода [4].

С целью исследования и реализации в промышленности этой технологии были проведены исследования по охлаждению рыбы газообразным и снегообразным диоксидом углерода, основными задачами которых стало: определение характера изменения температурного поля, продолжительности охлаждения, плотности теплового потока и количества диоксида углерода.

Первая серия исследований проводилась с неразделанным карпом массой 1,10 ± 0,05 кг при температурах в разработанной модели углекислотной установки от −70 до −30 °С.

Схема расположения термопар и термограмма процесса охлаждения тушки карпа газообразным диоксидом углерода при температуре воздушно-газовой среды −70 °С представлена на рис. 1.

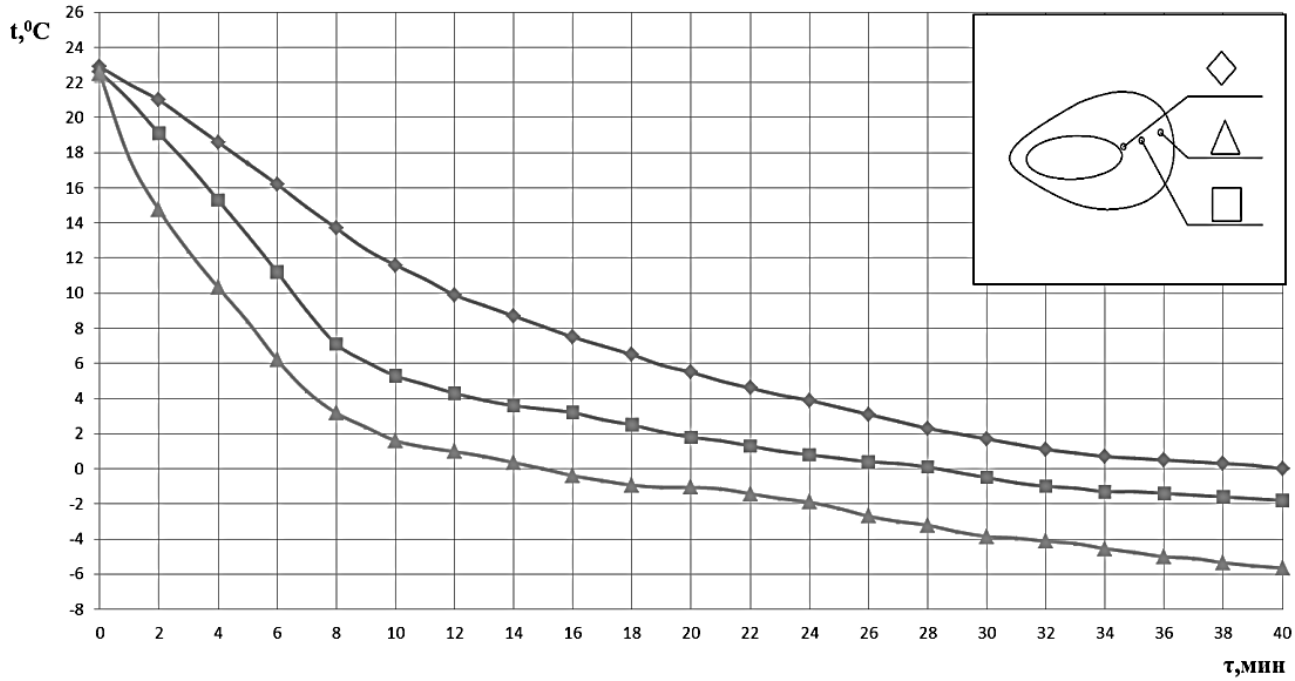


Рисунок 1 – Термограмма процесса охлаждения карпа газообразным диоксидом углерода при температуре воздушно-газовой среды (−70 ± 2) °С

Время охлаждения рыбы составило 40 минут.

Анализ характера изменения температурного поля тушки показывает, что процесс охлаждения внешнего слоя рыбы осуществляется достаточно интенсивно, так как поверхность рыбы (чешуя) находится в непосредственном контакте с газообразным диоксидом углерода до 10-й минуты, после чего интенсивность снижения температуры падает в связи с тем, что начинается процесс фазового перехода, при котором образуются кристаллы льда и происходит скрытое тепловыделение.

Охлаждение центральной части тушки происходит за счет теплопроводности через наружные слои, т. к. из рыбы не удалены внутренние органы. Процесс аналогичен охлаждению поверхностных слоев, но продолжительность значительно увеличивается.

В связи с отсутствием контакта с диоксидом углерода, охлаждение внутреннего слоя тушки рыбы происходит менее интенсивно, это объясняется теорией о распределении температурного поля от поверхности продукта к его центру.

На рис. 2 показана диаграмма изменения плотности теплового потока от наружной поверхности тушки карпа при охлаждении газообразным диоксидом углерода и температуре воздушно-газовой среды (−70 ± 2) °С.

Среднеинтегральная величина плотности теплового потока от внешней поверхности верхней части тушки равна $q_{ср}$ = 485 Вт/м², максимальная величина плотности теплового потока q_{max} составляет 2400 Вт/м².

В начале процесса можно наблюдать увеличение плотности теплового до максимального значения с последующим его падением. Объясняется тем, что в начальный период времени разница между температурой рыбы и диоксидом углерода максимальна. Затем идет процесс равномерного понижения температуры в рыбе и теплового потока до 7-й минуты. И в заключении – процесс стабилизации температуры, связанный с кристаллообразованием

в слоях рыбы. Среднеинтегральное значение коэффициента теплоотдачи составило $\alpha_{ср}$ = 8,12 Вт/(м² · К), а максимальное его значение α_{max} = 31,37 Вт/(м² · К).

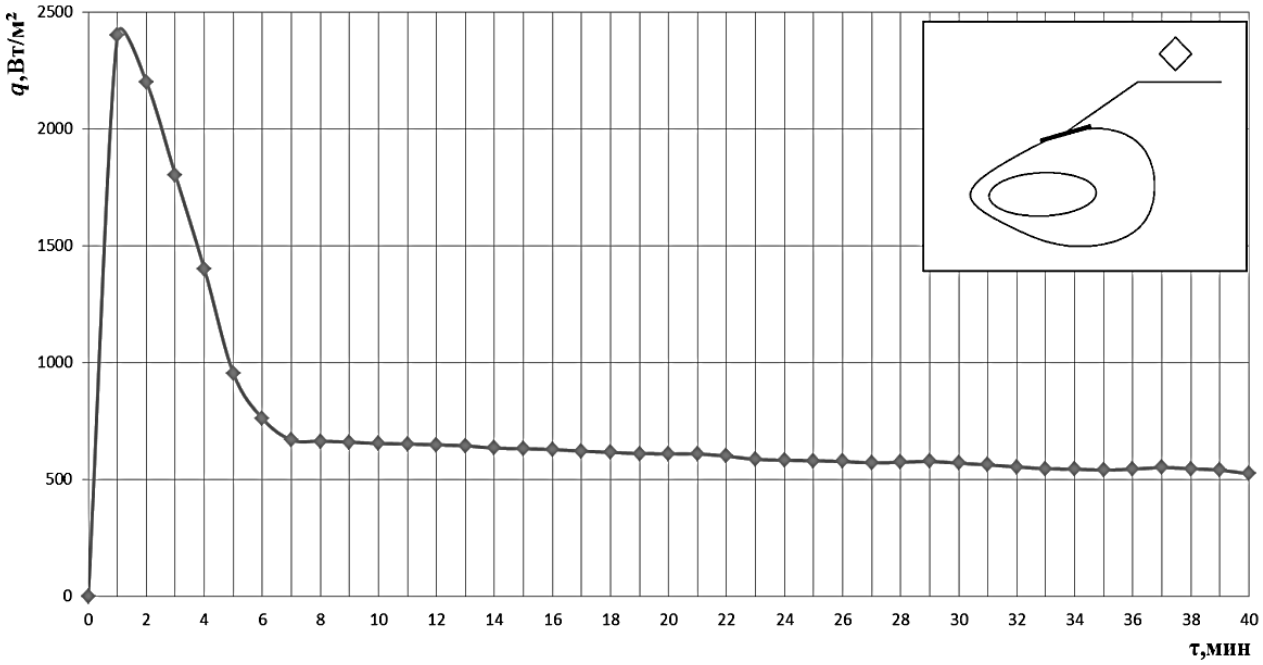


Рисунок 2 – Изменение плотности теплового потока на наружной поверхности тушки карпа при охлаждении газообразным диоксидом углерода, температура воздушно-газовой среды (−70 ± 2) °С

Аналогично были проведены эксперименты по охлаждению неразделанного карпа газообразным CO_2, вес которого составлял от 0,69 ± 0,05 до 3,50 ± 0,05 кг, результаты представлены в табл. 1.

Анализ экспериментальных данных табл. 1 показывает, что при снижении температуры в углекислотной установке происходит снижение времени охлаждения карпа, но при этом увеличивается расход диоксида углерода, что при реализации в промышленности может оказаться не целесообразно.

Для поиска более эффективного способа применения диоксида углерода в рыбоперерабатывающей промышленности были проведены исследования по охлаждению рыбы снегообразным диоксидом углерода.

Далее проводились исследования по охлаждению неразделанного карпа массой 1,10 ± 0,05 кг снегообразным диоксидом углерода.

Схема расположения термопар и термограмма процесса охлаждения тушки карпа снегообразным CO_2 массой 1,10 ± 0,05 кг представлена на рис. 3.

Время охлаждения рыбы составило 30,7 минут при расходе снегообразного диоксида углерода 0,350 кг, соответственно, происходит существенное снижение расхода диоксида углерода и времени холодильной обработки рыбы в отличие от охлаждения карпа газообразным диоксидом углерода.

Анализ полученной термограммы показывает, что охлаждение внешнего слоя рыбы осуществляется достаточно интенсивно, это связано с тем, что поверхностные слои рыбы находятся в непосредственном контакте со снегообразным CO_2 через газовую прослойку, образованную при сублимации снегообразного диоксида углерода, при этом происходит небольшое подмораживание поверхностного слоя (чешуи) после 7-й минуты, без подмораживания мяса рыбы, после чего происходит снижение интенсивности падения температуры в связи с началом процесса фазового перехода, при котором начинают

образовываться кристаллы льда, и наблюдается скрытое тепловыделение, при этом происходит полная сублимация снегообразного диоксида углерода.

Таблица 1 – Рекомендованные параметры для охлаждения неразделанной рыбы (карпа) газообразным CO_2

Температура в камере (°С)	Масса рыбы (кг)	Масса газообразного CO_2 (кг)	Время холодильной обработки (мин)	Достигаемая среднеобъемная температура в тушке (°С)
−30	0,69 ± 0,05	1,07 ± 0,05	67,2 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	0,78 ± 0,05	1,22 ± 0,05	69,4 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	0,96 ± 0,05	1,49 ± 0,05	71,6 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,06 ± 0,05	1,65 ± 0,05	78,3 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,27 ± 0,05	1,98 ± 0,05	100,8 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,36 ± 0,05	2,12 ± 0,05	108,0 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,45 ± 0,05	2,26 ± 0,05	117,6 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	2,65 ± 0,05	4,14 ± 0,05	120,0 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	2,99 ± 0,05	4,67 ± 0,05	132,0 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	3,24 ± 0,05	5,06 ± 0,05	139,2 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	3,46 ± 0,05	5,40 ± 0,05	148,8 ± 2,0	1,0 ± 0,5
−50	0,69 ± 0,05	1,28 ± 0,05	44,6 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	0,78 ± 0,05	1,46 ± 0,05	46,1 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	0,96 ± 0,05	1,78 ± 0,05	47,5 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,06 ± 0,05	1,97 ± 0,05	52,0 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,27 ± 0,05	2,37 ± 0,05	65,4 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,36 ± 0,05	2,53 ± 0,05	70,1 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,45 ± 0,05	2,70 ± 0,05	76,3 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	2,7 ± 0,05	4,95 ± 0,05	77,9 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	2,99 ± 0,05	5,58 ± 0,05	85,7 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	3,24 ± 0,05	6,05 ± 0,05	90,5 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	3,46 ± 0,05	6,45 ± 0,05	96,6 ± 2,0	1,0 ± 0,5
−70	0,69 ± 0,05	1,54 ± 0,05	34,3 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	0,78 ± 0,05	1,75 ± 0,05	35,4 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	0,96 ± 0,05	2,14 ± 0,05	36,6 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,06 ± 0,05	2,37 ± 0,05	40,0 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,27 ± 0,05	2,84 ± 0,05	49,7 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,36 ± 0,05	3,04 ± 0,05	53,3 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,45 ± 0,05	3,24 ± 0,05	57,9 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	2,65 ± 0,05	5,93 ± 0,05	59,2 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	2,99 ± 0,05	6,70 ± 0,05	65,1 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	3,24 ± 0,05	7,26 ± 0,05	68,6 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	3,46 ± 0,05	7,74 ± 0,05	73,4 ± 2,0	1,0 ± 0,5

Охлаждение центральной части тушки происходит за счет теплопроводности через наружные слои, т. к. из рыбы не удалены внутренние органы. Процесс аналогичен охлаждению поверхностных слоев, но разница во времени составила порядка 7-ми минут.

Охлаждение внутреннего слоя тушки рыбы происходит менее интенсивно, в связи с отсутствием контакта с диоксидом углерода, и объясняется теорией о распространении температурного поля.

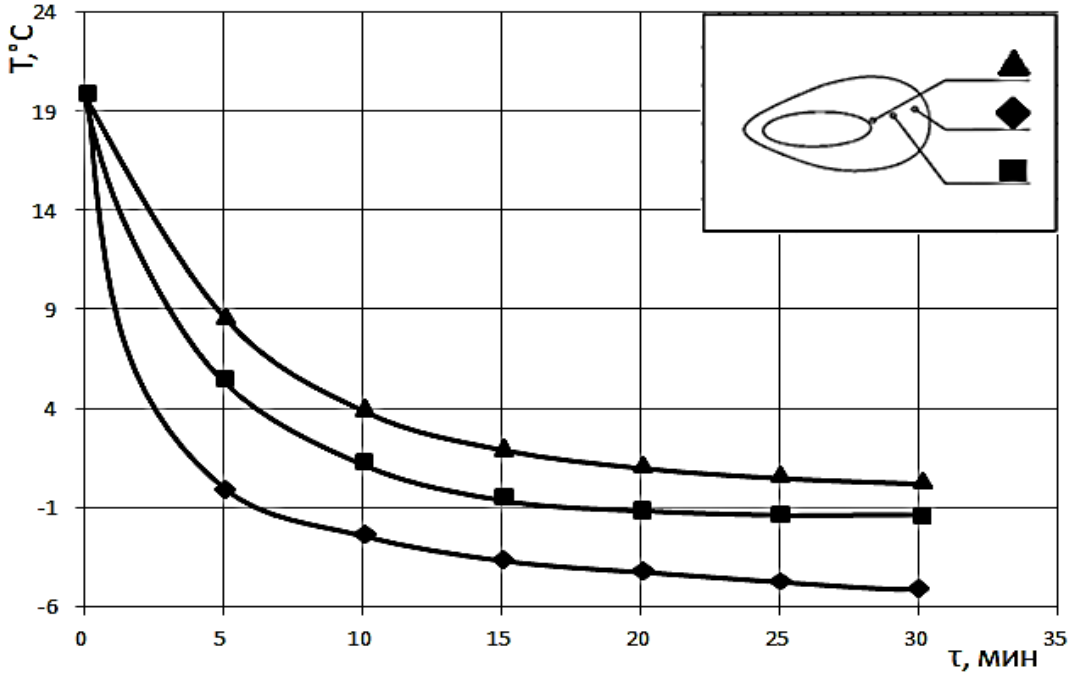


Рисунок 3 – Термограмма процесса охлаждения карпа снегообразным диоксидом углерода

На рис. 4 показана диаграмма изменения плотности теплового потока от наружной поверхности тушки неразделанного карпа при охлаждении снегообразным диоксидом углерода.

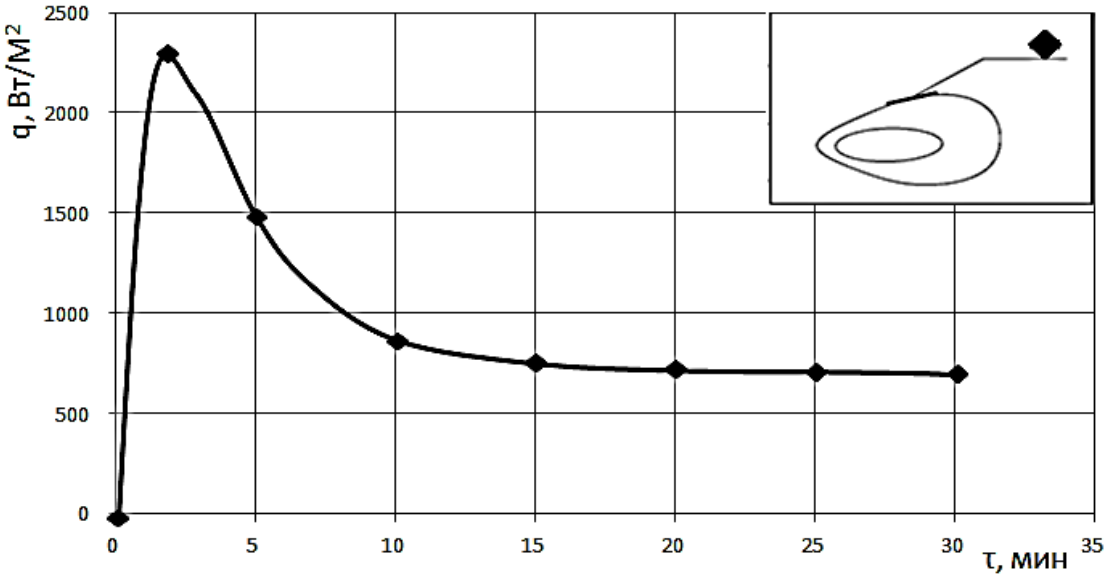


Рисунок 4 – Изменение плотности теплового потока на наружной поверхности тушки карпа при охлаждении снегообразным диоксидом углерода

Согласно экспериментальным данным, среднеинтегральное значение плотности теплового потока от внешних слоев рыбы равно q_{cp} = 560 Вт/м², максимальное значение составляет $q_{\max}$ = 2390 Вт/м², полученные значения плотности теплового потока выше, чем

при обработке газообразным CO_2 карпа, соответственно, интенсивность теплообмена при таком методе холодильной обработки выше.

В начале эксперимента можно наблюдать увеличение плотности теплового потока до достижения значения максимума с дальнейшим его падением. Это связано с тем, что в первоначальный момент времени температурный напор между тушкой и снегообразным CO_2 максимален. Далее температура постепенно снижается, как и тепловой поток, до 10-й минуты. И в заключении происходит процесс стабилизации температуры, связанный с началом кристаллообразования в верхних слоях рыбы.

Среднеинтегральное значение коэффициента теплоотдачи составило $\alpha_{ср}$ = 7,2 Вт/(м² · К), а максимальное его значение α_{max} = 27,1 Вт/(м² · К).

В табл. 2 представлены результаты по охлаждению неразделанного карпа массой 0,69–3,50 ± 0,05 кг снегообразным CO_2.

Таблица 2 – Рекомендованные параметры для охлаждения неразделанной рыбы (карпа) снегообразным CO_2

Наименование рыбы	Вес рыбы (кг)	Масса снегообразного CO_2 (кг)	Время при холодильной обработке (мин)	Среднеобъемная температура, которая достигается в тушке (°С)
Карп	0,69 ± 0,05	0,227 ± 0,005	24,0 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	0,78 ± 0,05	0,258 ± 0,005	25,9 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	0,96 ± 0,05	0,316 ± 0,005	28,8 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,10 ± 0,05	0,350 ± 0,005	30,7 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,27 ± 0,05	0,419 ± 0,005	34,5 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,36 ± 0,05	0,448 ± 0,005	38,4 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	1,45 ± 0,05	0,478 ± 0,005	42,2 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	2,65 ± 0,05	0,886 ± 0,005	48,0 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	2,99 ± 0,05	0,989 ± 0,005	47,1 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	3,24 ± 0,05	1,072 ± 0,005	50,8 ± 2,0	1,0 ± 0,5
	3,46 ± 0,05	1,142 ± 0,005	54,7 ± 2,0	1,0 ± 0,5

Анализ табл. 2 показывает, что при холодильной обработке неразделанной рыбы снегообразным диоксидом углерода значительно сокращается время охлаждения и снижается расход CO_2 в несколько раз, в отличие от охлаждения газообразным диоксидом углерода. При таком способе охлаждения, когда диоксид углерода получаем в снегообразной фазе методом дросселирования жидкой углекислоты, часть диоксида углерода переходит в парообразное состояние и снижает тем самым выход CO_2 в твердой фазе. Разработанное нами оборудование позволяет использовать этот газ для предварительного охлаждения рыбы с последующей его рекуперацией, что позволяет значительно сократить расход диоксида углерода.

Список литературы

1. Гнедов, А. А. Показатели качества продукции осетра сибирского / А. А. Гнедов, А. А. Кайзер // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2013. – № 2. – С. 73–80.

2. Калитин, К. В. Холодильная обработка – залог качества рыбы / К. В. Калитин, А. М. Рукавишников // Холодильная техника. – 2010. – № 1. – С. 32–35.

3. Мотовилов, К. Я. Использование нанобиотехнологий в производстве экологичного продовольственного сырья и продуктов здорового питания / К. Я. Мотовилов, О. К. Мотовилов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 3. – С. 155.

4. Неверов, Е. Н. Аппарат для холодильной обработки пищевых продуктов с рециркуляцией диоксида углерода / Е. Н. Неверов // Вестник Международной академии холода. – 2016. – № 1. – С. 60–65.

5. Неверов, Е. Н. Охлаждение рыбы снегообразным диоксидом углерода / Е. Н. Неверов // Вестник Международной академии холода. – 2014. – № 2. – С. 53–58.

6. Рощина, Е. Как рыба об лед / Е. Рощина // Рыба и морепродукты. – 2009. – № 1. – С. 41–43.

7. Изучение влияния стартовых культур на санитарно-микробиологические показатели рыбного фарша / Д. Н. Солихов [и др.] // Кишоварз (Земледелец). – 2015. – № 2. – С. 34–36.

8. Харенко, Е. Н. Современные направления использования холода в технологии охлаждения рыбы / Е. Н. Харенко, Р. В. Артемов. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2008. – С. 433–436.

9. Энергоэффективность и экологическая безопасность техники низких температур / Д. М. Ховалыг [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Холодильная техника и кондиционирование. – 2014. – № 1. – С. 2–6.

10. Целиков, В. Н. О выполнении обязательств Российской Федерации, вытекающих из Венской конвенции об охране озонового слоя и Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой / В. Н. Целиков // Холодильный бизнес. – 2003. – № 3. – С. 26–31.

11. Чернуха, И. М. Безопасные и полезные продукты как главный фактор, определяющий качество жизни / И. М.Чернуха, Л. В. Федулова, А. С. Дыдыкин // Все о мясе. – 2014. – № 2. – С. 20–22.

12. Hrnjak, P. S. In tube heat transfer and pressure drop characteristics of pure NH_3 and CO_2 in refrigeration systems / P. S. Hrnjak, C. Y. Park // IIR Conference: Ammonia Refrigerating Technology for Today and Tomorrow. – Ohrid, 2007. – P. 48–53.

УДК 519.21

СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В. А. Павский*, К. В. Павский**, С. А. Иванова*
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Институт физики полупроводников им. Ржанова СО АН, г. Новосибирск, Россия
**Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Новосибирск, Россия

Введение. Сложная система – это система, имеющая структуру и состоящая из большого числа элементов (подсистем) с разветвленной сетью связи. Рассматривали сложные системы, обладающие свойством робастности – способностью сохранять работоспособность при отказе отдельных элементов [1]. Последние десятилетия проблема надежности сложных систем и, в частности, сложных технических систем, от управления технологическими процессами до функционирования суперкомпьютеров и вычислительных систем, входит в группу критических. Это связано с качественными изменениями, обусловленными усложнением и интенсивностью эксплуатации систем, что приводит к отказам отдельных элементов. Свой вклад в решение проблемы повышения надежности вносит доступность и взаимозаменяемость элементов и подсистем системы. Замена вышедших из строя элементов может осуществляться либо автоматически (программно), либо снижением производительности (реконфигурацией), либо временной остановкой системы, что не желательно. Наличие структурной избыточности (резерва) в таких системах один из способов повышения их надежности [2-4]. Цель работы – расчет объема резерва, необходимого для минимизации простоев системы. Трудность расчета в том, что математические модели сложных технических систем обычно формализуются стохастическими системами дифференциальных уравнений, где неизвестными функциями времени является распределение вероятностей [3-6]. Их нахождение не всегда дает точное решение даже в стационарном случае, а приближенное всегда информационно неполно отражает суть формализации процесса. В работе предложена стохастическая модель, которая позволяет найти решение для математического ожидания и дисперсии числа работающих элементов системы, минуя нахождение распределение вероятностей. Модель основана на методах теории массового обслуживания (ТМО) [1,2,7], является обобщением широко известных процессов рождения и гибели [1,2]. Может быть использована в расчетно-теоретическом анализе характеристик биотехнологических процессов[7,] и в других быстро развивающихся наукоемких отраслях, технологий и систем [8-10].

Постановка задачи. Рассматривается работа сложной технической систем с резервом, которая состоит из большого, но конечного числа не абсолютно надежных элементов (элементы резерва всегда исправны). Каждый из отказавших элементов попадает в восстанавливающую систему и ждет восстановления, а место отказавшего элемента занимает элемент из резерва. В случайные моменты времени начинается восстановление всех находящихся в восстанавливающей системе элементов, но не более, чем группой из фиксированного числа элементов. По окончании восстановления начинается обслуживание очередной группы. Как только резерв становится пустым, система переходит в состояние отказа. Объем резерва считается небольшим. Предполагается, что число отказавших элементов, в любой момент времени много меньше числа элементов в системе (это означает, что поток отказавших элементов, при длительной эксплуатации, в единицу времени изменяется несущественно). Считаем, что вероятность конкретному элементу выйти из строя мала, число их в системе велико, а произведение вероятности на число элементов подвержено малым колебаниям в единицу времени, тогда поток отказов можно считать пуассоновским [4]. Цель считается достигнутой, если удастся найти среднее число работающих элементов и их дисперсию для любого момента времени. Далее, в

терминологии ТМО, система массового обслуживания (СМО) – система, обслуживающая поступившие требования, требования – отказавшие элементы сложной системы, обслуживание – восстановление, интенсивности – параметры, имеющие размерность плотности.

Формулировка модели. На СМО поступает пуассоновский поток требований интенсивностью μ. Поступившее требование встает в очередь и ждет обслуживания. В случайные моменты времени требования, группой числом не более чем r, одновременно начинают обслуживаться с интенсивностью $r\lambda$. Время обслуживания подчинено экспоненциальному закону. По завершении обслуживания сразу начинается обслуживание очередной группы требований. Требуется найти математическое ожидание $M(t)$ - номера этапа, на котором находится СМО при обслуживании требований и соответствующую дисперсию $D(t)$.

Формализация и исследование модели. Пусть $P_k(t)$ - вероятность того, что в момент времени $t \in [0,\infty)$ СМО находится на этапе k, $k = 0,1,\ldots$. Система дифференциальных уравнений имеет вид [8,9]:

$$\begin{cases} P_0^{'}(t) = -\mu P_0(t) + \lambda P_1(t), \\ P_k^{'}(t) = -(\mu + k\lambda)P_k(t) + (k+1)\lambda P_{k+1}(t), \ 0 < k < r, \\ P_k^{'}(t) = -(\mu + k\lambda)P_k(t) + \mu P_{k-r}(t) + (k+1)\lambda P_{k+1}(t), \quad k \geq r, \end{cases} \tag{1}$$

с начальными условиями

$$P_n(0) = 1, \ P_k(0) = 0, \ k \neq n, \tag{2}$$

и условием нормировки

$$\sum_{k=0}^{\infty} P_k(t) = 1. \tag{3}$$

Для решения системы (1), с учетом (2) и (3), введем производящую функцию [2]

$$F(z,t) = \sum_{k=0}^{\infty} z^k P_k(t). \tag{4}$$

Умножая уравнение k, $k = 0,1,2,\ldots$, системы (1) на z^k и суммируя, получим

$$\sum_{k=0}^{\infty} z^k P_k^{'}(t) = -\mu \sum_{k=0}^{\infty} z^k P_k(t) - \lambda \sum_{k=1}^{\infty} k z^k P_k(t) + \mu \sum_{k=0}^{\infty} z^k P_{k-r}(t) + \lambda \sum_{k=0}^{\infty} (k+1) z^k P_{k+1}(t).$$

Выражая каждое слагаемое полученного уравнения через производящую функцию, после приведения подобных членов, получим линейное уравнение для производящей функции

$$\frac{\partial}{\partial t} F(z,t) = -\mu(1 - z^r)F(z,t) + \lambda(1 - z)\frac{\partial}{\partial z} F(z,t). \tag{5}$$

Для нахождения математического ожидания $M(t)$ и соответствующей дисперсии $D(t)$ воспользуемся методом нахождения моментов случайной величины [4,6,9]. Пусть $\xi(t)$ - случайная величина, характеризующая число требований находящихся в СМО в каждый момент времени $t \in [0,\infty)$. Из свойств производящих функций (4) следует [1,2,4], что

$$M(t) = \frac{\partial}{\partial z}F(1,t), \text{ а } D(t) = \frac{\partial^2}{\partial^2 z}F(1,t) + \frac{\partial}{\partial z}F(1,t) - \left(\frac{\partial}{\partial z}F(1,t)\right)^2, \; F(1,t) = 1. \qquad (6)$$

Дифференцируя по z уравнение (5), получим уравнение

$$\frac{\partial^2}{\partial t \partial z}F(z,t) = r\mu z^{r-1})F(z,t) - \mu(1-z^2)\frac{\partial}{\partial z}F(z,t) - \lambda\frac{\partial}{\partial z}F(z,t) + \lambda(1-z)\frac{\partial^2}{\partial z^2}F(z,t).$$

Полагая z=1, будем иметь

$$\frac{\partial^2}{\partial t \partial z}F(1,t) = r\mu F(1,t) - \lambda\frac{\partial}{\partial z}F(1,t).$$

Учитывая обозначения (6), для математического ожидания получаем уравнение

$$\frac{d}{dt}M(t) + \lambda M(t) = r\mu.$$

Выведем уравнение для нахождения дисперсии. Дифференцируя уравнение (5) повторно по z, и выполняя преобразования, аналогичные нахождению уравнения для математического ожидания, получим систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial t}M(t) + \lambda M(t) = r\mu, \\ \frac{\partial}{\partial t}Q(t) + 2\lambda Q(t) = 2r\mu M(t) + r(r-1)\mu, \\ D(t) = Q(t) + M(t) - M^2(t). \end{cases} \qquad (7)$$

Общее решение которой, с учетом начальных условий (2), имеет вид

$$\begin{cases} M(t) = \frac{r\mu}{\lambda} + \left(n - \frac{r\mu}{\lambda}\right)e^{-\lambda\cdot t}, \\ D(t) = Ce^{-2\lambda\cdot t} + \frac{r\mu}{\lambda}(\frac{r\mu}{\lambda} + 2\left(n - \frac{r\mu}{\lambda}\right)e^{-\lambda\cdot t}) + \frac{r(r-1)\mu}{2\lambda} + M(t) - M^2(t), \\ C = -\frac{r\mu}{\lambda}(2n - \frac{r\mu}{\lambda} + \frac{(r-1)}{2}) - n + n^2. \end{cases} \qquad (8)$$

Для стационарного режима [1.2] имеем

$$M = \frac{r\mu}{\lambda}, \; D = \frac{\mu r(r+1)}{2\lambda}, \; \sigma = \sqrt{\frac{r(r+1)\mu}{2\lambda}}, \qquad (9)$$

При r = 1 получаем классические формулы математического ожидания и дисперсии процесса рождения и гибели

$$M = D = \sqrt{\lambda / \mu}\,,\ \sigma = \sqrt{\lambda / \mu}$$

где σ - среднеквадратическое отклонение, а

$$M = \lim_{t\to\infty} M(t)\,,\ D = \lim_{t\to\infty} D(t)\,,\ \sigma = \lim_{t\to\infty} \sqrt{D(t)}$$

Рассмотрим не абсолютно надежную вычислительную систему (ВС) [5,6,8], относящуюся к сложным техническим системам, состоящую из n элементарных машин (ЭМ – самостоятельная вычислительная единица). Требуется, по известному среднему времени наработки на отказ одной ЭМ, найти объем n ВС.

На рисунке 1 представлен результат расчета математического ожидания $M(t)$ с учетом среднеквадратического отклонения $\sigma(t) = \sqrt{D(t)}$ по формулам (8) и (9), где $1/\lambda = 10^3$ ч. – время наработки на отказ одной ЭМ, $r = 20$ - число восстанавливаемых ЭМ в группе, среднее время восстановления группы отказавших ЭМ 2ч.

Из формул (8) и (9) получаем, что при надежности 1000 ч. одной ЭМ, восстановлением группами по $r = 20$ ЭМ, общий объем ВС $n = 2110$ ЭМ, из которого резерв составляет $\sigma = 110$ ЭМ.

Из полученных расчетов и рисунка следует, что теряет смысл повышение производительности ВС за счет бесконечного наращивания количества ЭМ без повышения их надежности.

Заключение. Применение классических методов теории массового обслуживания, основанных на составлении систем дифференциальных уравнений Колмогорова [1] для вероятностей состояний систем массового обслуживания, не всегда приводит к возможности получить их точные решения, даже для стационарного случая. Используемый в работе метод моментов [4,5, 10], позволяет получить точные решения для моментов и в переходном режиме (как функции времени). Недостаток такого подхода в том, что формулировка модели и ее формализация системой дифференциальных уравнений должны найти компромисс между точностью описания реальной ситуации и существованием решения у ее математической формализации.

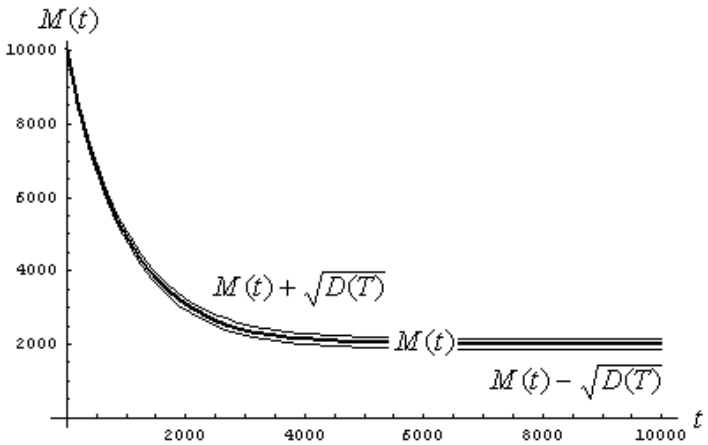


Рисунок 1 – Среднее число исправных машин с учетом дисперсии:
$\mu = 0.1$ **1/ч,** $\lambda = 10^{-3}$ **1/ч,** $r = 20$**,** $n = 10^4$ **ЭМ.**

В работе, на примере вычислительной системы, предложены аналитические решения для расчета математического ожидания рационального объема сложной системы и дисперсии, в зависимости от надежности ее элементов.

Список литературы

1. Хорошевский, В. Г. Архитектура вычислительных систем / В. Г. Хорошевский. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008. – 520 с.
2. Клейнрок, Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
3. Ivanova, S. A. Stochastic modeling of protein solution foaming process / S. A. Ivanova, V. A. Pavsky // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. – 2014. – Vol. 6. – P. 701–708.
4. Хорошевский, В. Г. Расчет показателей живучести распределенных вычислительных систем / В. Г. Хорошевский, В. А. Павский, К. В. Павский // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2011. – №2(15). – С. 81–88.
5. Павский, В. А Стохастическая модель для оценки эффективности функционирования масштабируемых распределенных вычислительных систем при групповом восстановлении / В. А. Павский, К. В. Павский // Вестник СибГУТИ. – 2017. – №. 4. – С. 67–72.
6. Павский, В. А. Применение математического ожидания и дисперсии при оценке обслуживания потока пакетов задач в вычислительных системах / В. А. Павский, К. В. Павский // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2016. – № 5. – С. 41–44.
7. Studying the biokinetics of pigmented yeast by stochastic methods / S. A. Ivanova, V. A. Pavsky, M. A. Poplavskaya, M. V. Novoselova // Foods and Raw Materials. – 2014. – Vol. 2, no. 1, – P. 217–217.
8. Mathematical models and the effectiveness of functioning of scalable distributed computer systems with group and full restorations / V. A. Pavsky, K. V. Pavsky, A. A. Paznikov, M. S. Kupriyanov // Proceedings of 2017 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM 2017). – 2017. – P. 496-499.
9. Pavsky, V. Stochastic modelling of large-scale distributed computer systems functioning with group restorations / V. Pavsky, K. Pavsky // CEUR Workshop Proceedings. – 2017. – V. 1940. – P. 60–67.
10. Pavskii, V. A. Stochastic simulation and analysis of the operation of computing systems with structural redundancy / V. A. Pavskii, K. V. Pavskii // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. – 2014. – no. 50(4). – P. 363–369.

УДК 676.023.116

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭКСТРАГИРОВАНИИ В СИСТЕМАХ ТВЕРДОЕ ТЕЛО - ЖИДКОСТЬ

А. Н. Потапов, М. Н. Потапова
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Экстракционные процессы в системе твердое тело - жидкость получили широкое распространение в различных отраслях промышленности. В пищевой промышленности экстрагирование является основным процессом при получении достаточно большого количества продуктов. При этом данный процесс частоопределяет и вспомогательные стадии переработки сырья [1]. Сырье, используемое в пищевой промышленности, отличается огромным разнообразием по составу и свойствам. Кроме этого, нельзя не отметить и многообразие, применяемых в промышленности экстрагентов. Как правило, в соответствии со свойствами сырья производится подбораппарата для проведения процесса. Часто при этом не учитываются особенности сырья и экстрагентов по физико-механическим, структурным и диффузионным свойствам. Поэтому конструктивные особенности аппаратов не анализируются по эффективности проведения процессов.

В связи с этим при выборе аппаратурного оформления экстракционного процесса с учетом свойств используемого сырья возникает необходимость в проведении ряда предварительных исследований. Такие исследования предполагают создание математической модели, как самого процесса, так и экстракционного аппарата. В ряде случаев осуществляется моделирование экстракционного агрегата (установки), которое включает несколько устройств. Это экстрактор как основной объект моделирования и например, дозирующие устройства как вспомогательные аппараты, которыеоказывают существенное влияние на качество получаемого продукта.

В процессе математического моделирования практически любого процесса, прежде всего, исходят из основных задач и целевой направленности исследований. Обязательным условием является соблюдения требуемой точности решения при необходимой достоверности полученных данных эксперимента. При определении важнейших параметров модели требуется знание механизма изучаемого процесса. Построение математической зависимости в виде модели, которая учитывает всю совокупность явлений, происходящих при проведении процесса, требует совершенствования и дальнейшего развития всего комплекса исследований. Следовательно, в области, как теоретических исследований, так и аппаратурного оформления процесса экстрагирования прогресс трудно представить без развития и совершенствования методологии, имеющей в своей основе научное обоснование. В России основу исследований в этой области заложили профессор Кафаров В.В. и ряд других исследователей [2-4], которые сформулировали принципы и методологию системного анализа.

К принципам, которые являются наиболее значимыми для системного исследования объектов и процессов относятся:

– взаимосвязь широкого анализа с функциональным выделением полученных результатов на характеристики объекта исследований;

– сопоставительный анализ изучаемого процесса с точки зрения как макрообьектов, так и микропозиций, другими словами: любой исследуемый процесс должен быть рассмотренсо стороны трех позиций - предмет сам по себе, предмет с позиции «подсистемы» и предмет с позиции «надсистемы»;

– главные звенья исследуемой системы должны быть выделены.

Следует отметить, что для исследования и изучения процесса экстрагирования учитываются два существенных фактора. Во-первых, экстрагирование является достаточно сложным и многообразным массообменным процессом, который зависит от значительного количества разнообразных факторов. При этом повышение значимости одного из факторов может снизить общую интенсивность процесса за счет снижения величины другого

параметра. Во-вторых, для чтобы получить наиболее полную оценку экстрагирования, данный процесс необходимо рассматривать с позиций микро- (т.е. распределения относительно друг друга элементарных частиц), и макроуровня (т.е. перемешивания макрообъёмов материала).

Таким образом, модель для математического описания процесса экстрагирования, которая закладывает основу для получения конечного продукта с прогнозируемыми свойствами, должна строиться исключительно на основе методологии, характерной для системного анализа физико-механических процессов высокой сложности. В этом случае требуется получить конкретный вид закономерностей, которые связывают конечные параметры экстракционного процесса с исходными характеристиками перерабатываемых материалов, с учетом технологических особенностей предобработки сырья, видом и особенностями движения материальных потоков и т.д. Это позволяет установить оптимальные конструктивные и режимные параметры работы экстрактора и достигнуть эффективного управления протекающим в нём процессом.

Произведя анализ применяемых в настоящее время методов моделирования [2-5], можно сделать вывод, что для математического описания процесса экстрагирования наиболее подходящими являются физический, эмпирический и кибернетический подходы. Выбор этих методов, прежде всего, обусловлен тем, что эти методы позволяют с заданной точность отразить как физическую сторону процесса, так и кинетическую составляющую его протекания. Кроме этого данные методы позволяют учитывать характерные особенности флуктуаций потоков входящих жидкой и твердой фаз. Таким образом, оценивая в целом моделирование экстрагирования в системе твердое тело – жидкость, экстракционный процесс следует представить в виде последовательных и связанных между собой этапов.

На первом этапе, используя физический метод моделирования, определяются диффузионные свойства сырья. Физическое моделирование делает предположение, что в процессе экстрагировании при контакте с экстрагирующей жидкость твёрдая фаза изменяет свои свойства. При взаимодействии жидкости с частицами твердой фазы материал впитывает экстрагент и, вследствие этого, увеличиваются геометрические размеры. Поглощение твёрдым телом жидкой фазы замедляет кинетику экстрагирования целевых компонентов и влияет на коэффициент диффузии. Учет процесса поглощения жидкой фазы и изменения размеров частиц твердой фазы необходим при расчёте величины коэффициента диффузии. В связи с этим необходимо экспериментально определить кинетику поглощения экстрагента и изменения при этом эквивалентного размера частиц твердой фазы [6]. Эти величины определяются при проведении предварительных экспериментах в лабораторных условиях.

Численные значения коэффициента диффузии определяют экспериментальным путем с использованием экстракционного метода. Этот метод предполагает проведение периодического процесса при большом количестве жидкости по отношению к массе твердой фазы, т.е. при отсутствии внешнего диффузионного сопротивления [7].

При определении локальных значений коэффициента диффузии широко применяют интервально-безитерационным метод [1], с использованием уравнения нестационарной диффузии для частиц определенной геометрической формы. Данный метод адекватно описывает процесс с погрешностью, не превышающей 3-5 %.

Расчет численных значений коэффициента диффузии и последующий анализ дает возможность получить представление о величине внутреннего сопротивления, обусловленного молекулярной диффузией. Из полученных данных можно оценить предварительную продолжительность процесса. На основании этого можно сделать первоначальные выводы о целесообразности проведения процессов предварительной обработки сырья с целью интенсификации всего процесса в целом. На этом этапе учитывается влияние температурного режима проведения процесса, первоначальный размер частиц твердой фазы при экстрагировании, возможные виды применяемых экстрагентов (или соотношение компонентов в сложной по составе жидкости).

Далее стоит задача определить наиболее подходящую конструкцию экстрактора для проведения процесса. Определиться с конструкцией аппарата помогают, в том числе данные о величине коэффициента диффузии. Для этого предварительно определяют величину

критерия Био. Затем проводят эксперименты по определению значений коэффициента массоотдачи в аппаратах различной конструкции [8]. По величине критерия Био делается вывод о соотношении величин внешнего и внутреннего сопротивления переносу веществ. Коэффициент массоотдачи характеризует интенсивность переноса веществ в экстрагент, т.е. скорость процесса на заключительной стадии экстрагирования.

Полученные в результате проведения экспериментов данные позволяют окончательно определиться с конструкцией аппарата, выявить предполагаемую продолжительность процесса для достижения заданной концентрации целевых компонентов в экстракте. Кроме этого, по численным значениям коэффициента массоотдачи оценивают и конструктивное совершенство отдельных элементов экстрактора, найти пути конструктивного усовершенствования промышленных аппаратов.

На втором этапе после проведения физического моделирования целесообразно использовать для исследования, как самого процесса, так и конструкции экстракторов эмпирический подход. Метод основывается на компьютерной обработке полученных в ходе эксперимента данных, полученных при изучении лабораторных установок. Применение метода в экстрагировании обусловленоотсутствием необходимых теоретических предпосылок, поэтому невозможно найти аналитическую зависимость для описания связи между основными факторами,влияющими на конечные показатели процесса. Как правило, эти зависимости представлены в виде регрессионных и корреляционных уравнений [9, 10]. Такие модели, получаемые с помощью эмпирических методов, описывают работу исключительно конкретного аппарата.

Основная цель таких исследований – определить рациональные параметры работы аппарата. В идеализированном варианте желательно оптимизировать работу аппарата, но в связи с тем, что исследования проводятся на лабораторной установке, погрешность при переходе к промышленному аппарату может составлять значительную величину. По сравнению с физическим моделированием данный метод более рационален, т.к. применение подходов нелинейного программирования или корреляционных уравнений существенно сокращает материальные затраты и значительно уменьшает сроки проведения экспериментов. С целью определения оптимальных параметров работы экстрактора применяют планирование эксперимента, позволяющее получить уравнение для описания взаимосвязи между основными факторами. Анализ полученного статистического уравнения, выявляет наиболее значимые факторы, взаимосвязь факторов, а в конечном итоге - рациональный режим работы аппарата и проведения экстракционного процесса. При этом учитывается качество получаемого экстракта, производительность аппарата, количеством потребляемой энергии и т.д.

В процессе моделирования экстракционного процесса, необходимо учитывать влияние флуктуаций входных потоков. Неравномерность входящихматериальных потоков обусловлена значительным числом факторов. Нестабильность потоков может иметь как периодический, так и случайный характер. Например, отклонения производительности дозаторов во многом обусловлены особенностями их конструкции. Физико-механические характеристики дозируемых компонентов также оказывают влияние на флуктуации питающих потоков.

Поэтому на заключительном третьем этапе проводят кибернетический анализ. Кибернетический подход предполагает описывать процессы в виде преобразования входных сигналов в определенный выходной сигнал. Описание технологического процесса состоит из типовых структур подходящих для конкретного аппарата. Эти структуры могут описывать характер и вид движения и имеют определенные зависимости. Подбором комбинаций моделей, например: ячеек вытеснения, смешивания или диффузии можно получить финишную модель, которая сумеет структурировать реальную систему [2, 3]. Т.е., при составлении зависимости динамических свойств аппарата, экстрактор будет рассматриваться как стационарный преобразователь, имеющий определенную передаточную функцию.

Кибернетический метод предполагает необходимость определения явного вида передаточной функции аппарата, представляющая собой определенный способ записи дифференциального уравнения [5, 6]. С этой целью, на поток, входящий в аппарат подают

заданной формы возмущающий сигнал. На выходе из аппарата измеряют концентрацию индикатора в зависимости от продолжительности процесса. Реакция на импульсное возмущение является функцией распределения времени пребывания (ФРВП) вводимого индикатора в экстракторе. Полученная криваяотклика, т.е. кривой ФРВП, позволяет определить вид передаточной функции конкретногоаппарата.

Так как модели, основанные кибернетическом подходе, предполагают определение ФРВП твердых частиц в установке, то они в высокой степени позволяют отразить и физику процесса. Известные кибернетические методы позволяют в достаточной степени отразить влияние дозирующих устройств исходных компонентов на качество конечного продукта [11]. Вместе с тем кибернетический подход не позволяет описать ни эффекты микросмешивания, ни кинетику экстракционного процесса. Таким образом, при моделировании экстрагирования в агрегате, который характеризуется непрерывным действием при использовании данного подхода с применением компьютерных методов обработки данных, позволяет прогнозировать качество проведения процесса. Это может быть в случае, если известны зависимости функциональных исходных сигналов от времени. Также кибернетический подход оценить эффективность процесса при различных режимах его осуществления. Кроме этого, кибернетический подход удобен для обеспечения оперативного контроля и в случае необходимости корректировки выходной величины (концентрации конечного продукта), за счет регулировки входных сигналов (характеристики дозирующих аппаратов, технологические режимы работы экстрактора).

При рассмотрении процесса экстрагирования, объектом динамической системой исследования является структура, изображение которой представлено на рисунке 1. Эта система включает в свой состав устройства для дозирования, формирующие входные сигналы определенного типа на входе и выходе экстрактора и сам аппарат, выходные патрубки, для технологических продуктов которого имеют разную величину по вертикали. Данная структура с достаточно высокой степенью вероятности отражает динамическую связь между входящими и выходными потоками взаимодействующих материалов в противоточном аппарате.

С цель определения искомой модели объекта исследования, необходимо определить сигнал (или сигналы), которые формируют дозаторы жидкой и твердой фаз. Модель массообменного аппарата представляют по каждому из каналов передачи материала в виде комплекса, состоящего из передаточных функций. Получив функциональные зависимости каждого из входных сигналов дозирующих устройств переводим их из временного вида в операторный с помощью преобразования Лапласа.

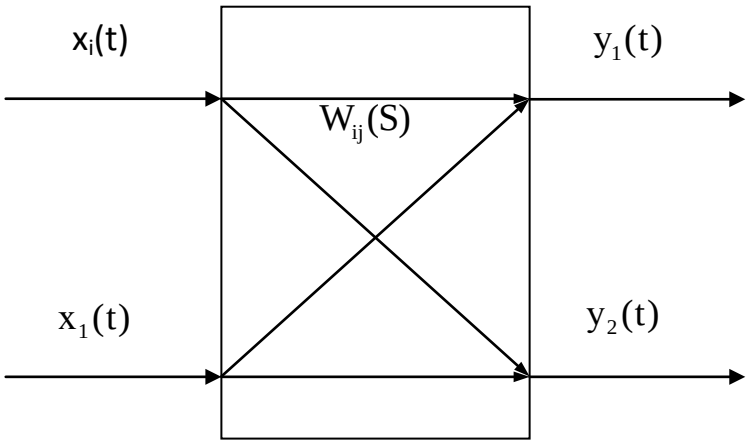


Рисунок 1 – Структурированная модель динамической системы:
$x_i(t)$ – вход в систему, i = 1,2; $x_1(t)$ – расход твердого материала; $x_2(t)$ – расход жидкой фазы; $y_j(t)$ – выход из системы, j = 1,2; $y_1(t)$ – концентрация компонентов в отработанном материале; $y_2(t)$ –концентрация компонентов в полученном экстракте; $W_{ij}(S)$ – передаточная функция, которая характеризует действие i-го входного сигнала на j-й выходной сигнал.

По известным передаточным функциям (ПФ) экстрактора, в соответствии со структурированной схемой, определяем в операторном виде сигнал на любом из выходов исследуемого агрегата по следующим формулам:

$$\left.\begin{aligned} Y_1(S) &= X_1(S)W_{11}(S) + X_{21}(S) \\ Y_2(S) &= X_1(S)W_{12}(S) + X_{22}(S) \end{aligned}\right\}, \qquad (1)$$

где: S – комплексная независимая переменная, которая символизирует дифференцирование по времени; $Y_1(S)$, $Y_2(S)$, $X_1(S)$, $X_2(S)$ – изображения по Лапласу временных функций соответственно $y_1(t)$, $y_2(t)$, $x_1(t)$ и $x_2(t)$.

При получении зависимости выходящего сигнала по времени требуется обратное преобразование выражения из операторной формы во временную.

Отметим, что ПФ экстрактора позволяет прогнозировать, во сколько раз сглаживается амплитуда входного сигнала при известной частоте его колебаний. По амплитудно-частотным характеристикам аппарата оценивают величину сглаживания, которые определяют при частотно-временном анализе его ПФ.

Анализ экспериментальных данных показывает, что любой из каналов аппарата непрерывного типа действия целесообразно аппроксимировать ПФ апериодического звена второго порядка с запаздыванием:

$$W(S) = \frac{k \cdot e^{-\tau s}}{T_2^2 \cdot S^2 + T_1 \cdot S + 1}, \qquad (2)$$

где: k – коэффициент усиления; T_1, T_2 – временные постоянные; τ – время запаздывания.

Постоянные времени определяют по программам идентификации параметров математических моделей, используя экспериментальные характеристики в пакете «MathCAD» и программе «MicrosoftOfficeExcel».

При анализе полученной модели (1) определяют временные зависимости концентрации индикатора на каждом из выходов экстрактора в программно-прикладных пакетах «MathCad» и«Classic».

Прикладной пакет программы «MathCAD» используют при проведении частотного анализа. В результате этого получают частотную передаточную функцию и амплитудно–фазовые характеристики. Анализируя работу аппарата, с точки зрения его ответной реакции на входные сигналы непрерывно-переменного типа со стороны дозирующих устройств, определяются сглаживающие функции для различных режимов его работы.

Таким образом, комплексный подход к исследованию процесса экстрагирования с учетом физики процесса, эмпирического и кибернетического методов моделирования позволяет наиболее полно, всесторонне изучить процесс экстрагирования и определить пути повышения его эффективности и дальнейшего совершенствования аппаратурного оформления процесса.

Список литературы

1. Лысянский, В. М. Экстрагирование в пищевой промышленности / В. М. Лысянский, С. М. Гребенюк. – М.: Агропромиздат, 1987. – 188 с.

2. Холоднов, В. А. Математическое моделирование и оптимизация химико - технологических процессов: практическое руководство / В. А. Холоднов, В. П. Дьяконов, Е. Н. Иванова. – СПб.: АНОНПО «Профессионал», 2003. – 480 с.

3. Натареев, С. В. Системный анализ и математическое моделирование процессов химической технологии: учебное пособие / С. В. Натареев; под ред. В. Н. Блиничева. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – 80 с.

4. Математическое моделирование химико-технологических процессов: учебное пособие / Н. В. Ушева, О. Е. Мойзес, О. Е. Митянина, Е. А. Кузьменко; Томский политехнический университет. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 135 с.

5. Лисицин, Н. В. Химико-технологические системы: Оптимизация и ресурсосбережение / Н. В. Лисицин, В. К. Викторов, Н. В. Кузичкин. – СПб.: Менделеев, 2007. – 312 с.

6. Потапов, А. Н. Теоретические и практические аспекты разработки экстракторов для системы твердое тело-жидкость / А. Н. Потапов, Г. Е. Иванец. – Кемерово: КемТИПП, 2014. – 138 с.

7. Бакин, И. А. Влияние комплексных технологических приемов обработки на экстрагирование ягодного сырья / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, П. Н. Лунина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2016. – № 5. – С. 24–27.

8. Diankov, S. Modelling of multistage extraction kinetics for *Nicotiana tabacum L*. – Water system / S. Diankov, E. Simeonov, K. Tomova // Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy. – 2008. – Vol. 43. – № 1. – P. 119–124.

9. Иванец, В. Н. Моделирование процесса работы смесительных агрегатов роторно-пульсационного типа на основе корреляционных функций / В. Н. Иванец, Е. А. Сафонова, М. М. Афанасьева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2003. – №2-3. – С. 73–75.

10. Бородулин, Д. М. Моделирование смесительного агрегата центробежного типа на основе кибернетического подхода / Д. М. Бородулин, В. Д. Харитонов, С. С. Комаров // Молочная промышленность. – 2013. – № 7. – С. 77–79.

11. Borodulin, D. M. Comparing efficiency of two centrifugal mixers producing dry combined mixtures / D. M. Borodulin, D. V. Sukhorukov // Science, Technology and Higher Education, Materials of the III international research and practice conference. – Westwood, Canada. – 2013. – P. 475–480.

УДК 664.66:683.95

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОВОЛНОВЫХ КОЛЕБАНИЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

В. Л. Потеха*, М. Т. Велямов**, Е. В. Невская***, А. А. Шведко*, А. В. Потеха*
*Гродненский государственный аграрный университет, г. Гродно, Республика Беларусь
**Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности, г. Алматы, Республика Казахстан
***Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности, г. Москва, Россия

Введение

В рыночных условиях хозяйствования одной из важнейших задач пищевой промышленности, включая хлебопекарную отрасль, является разработка конкурентоспособных по ценовым и качественным показателям продуктов.

Добиться реального повышения конкурентоспособности производимой отечественными предприятиями хлебопекарной продукции можно практически только путём использования интенсивных энергосберегающих технологий. Такие технологии, с одной стороны, могут позволить сократить затраты энергии на реализацию технологического процесса, а с другой – обеспечить качество производимых хлебобулочных изделий (ХБИ).

Микроволновые технологии обладают комплексом уникальных возможностей бесконтактной передачи энергии от генерирующего микроволны устройства (магнетрона) к объекту (сырью, полуфабрикату, продукту питания) с высоким (от 50 в старых и до 85 % в более новых моделях устройств) коэффициентом полезного действия [1]. При этом нагрев объекта осуществляется не с поверхности, как это имеет место в традиционных технологиях теплопередачи, используемых в хлебопекарном производстве, а изнутри, равномерно прогревая весь объём обрабатываемого тестового полуфабриката или производимого ХБИ [2-3].

Области применения микроволновых колебаний сверхвысоких частот (МКСВЧ) в пищевой промышленности достаточно обстоятельно приведены в работах [3-6]. Применительно к отрасли производства ХБИ в этих работах отмечается, что МКСВЧ могут использоваться для выпечки изделий, в процессах расстойки тестовых полуфабрикатов, обеззараживания муки и хлеба. В работе [7] приводятся интересные данные по сравнительной характеристике показателей качества пшеничной муки и композитных смесей на её основе после предварительного микроволнового нагрева, свидетельствующие о существовании определённых перспектив использования МКСВЧ при производстве ХБИ. МКСВЧ использованы при разработке технологии обработки традиционной опары пшеничного хлеба [8].

Проведенные нами предварительные исследования [9-10] показали, что для композитных смесей на основе пшеничной и овсяной муки использование МКСВЧ для интенсификации процесса брожения тестового полуфабриката привело к получению ряда интересных положительных результатов. В частности, было установлено, что МКСВЧ за счёт равномерного разогрева тестового полуфабриката способны ускорить его брожение путём интенсификации биохимических, физико-химических, электрофизических и ряда других процессов. Интенсификация технологических процессов брожения (хлебопечения) в данном случае выступает как важнейший фактор, обеспечивающий повышение производительности труда, а уменьшение затрат энергии – снижение стоимости производимых продуктов.

Признавая теоретическую возможность эффективного использования микроволн при производстве ХБИ, более конкретно, при интенсификации процесса брожения тестовых

полуфабрикатов, следует отметить, что систематические исследования в этом направлении отечественными и зарубежными учёными не проводились.

Таким образом, разработка и обоснование научных основ интенсивной технологии производства конкурентоспособных хлебобулочных изделий из пшеничной муки путём использования микроволновых колебаний сверхвысоких частот (МКСВЧ) может считаться актуальной научной задачей, имеющей важное практическое значение для хлебопекарной отрасли.

Целью настоящей работы является исследование особенностей процесса брожения тестового дрожжевого полуфабриката из пшеничной муки при воздействии на него МКСВЧ.

Методы исследования

Тестовые дрожжевые полуфабрикаты изготавливали из пшеничной муки, отвечающей требованиям СТБ 1666-2006 «Мука пшеничная. Технические условия».

Разработка методики термографического анализа. Для оценки температурных полей в тестовых полуфабрикатах использовали тепловизор модели SAT S-280, имеющий чувствительность измерений 0,08°. Для повышения объективности результатов измерений на термограммах выделяли измеряемую область – тестовый полуфабрикат (показан пунктирной линией на рисунках 1 и 2), для которого, используя программное обеспечение тепловизора, определяли максимальную, минимальную и среднюю температуры.

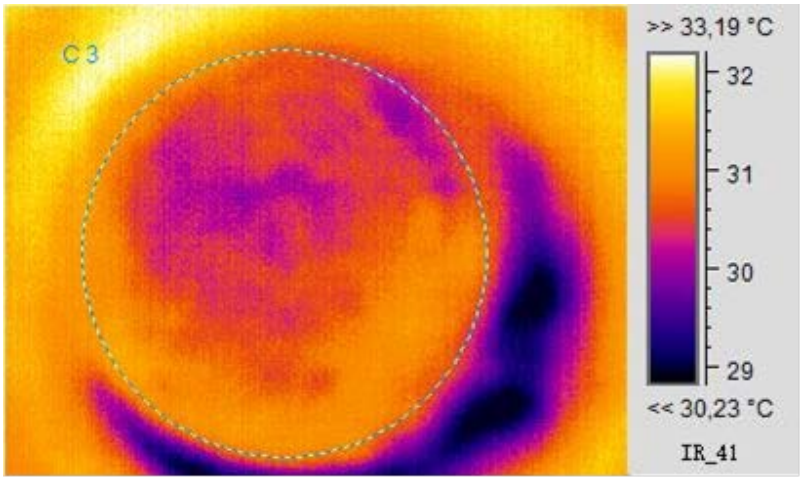


Рисунок 1 – Термограмма контрольного тестового дрожжевого полуфабриката перед первой обминкой

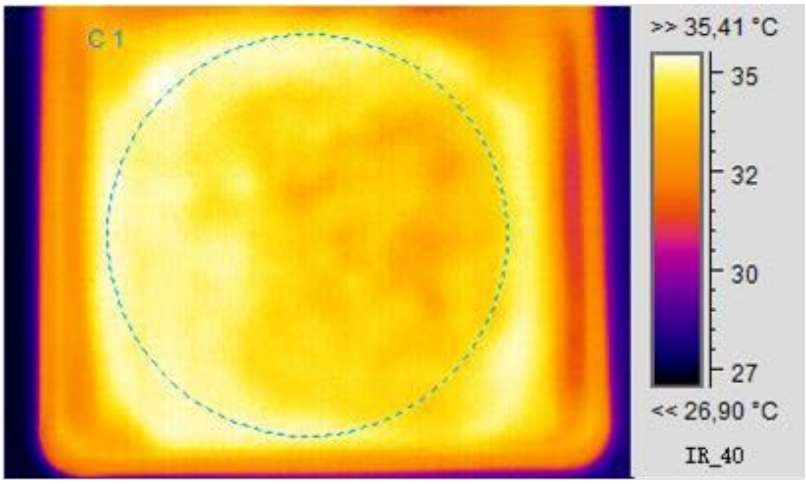


Рисунок 2 – Термограмма тестового дрожжевого полуфабриката перед первой обминкой, обработанного МКСВЧ при мощности магнетрона 180 Вт в течение 30 с

Измерения температур во время брожения дрожжевого полуфабриката осуществляли непосредственно после замеса, перед первой обминкой, перед второй обминкой и по окончанию брожения.

После брожения производили измерения кислотности полуфабриката – параметра, характеризующего завершение бродильного процесса.

Наши предварительные исследования [9-10] показали, что максимальной интенсивности брожения тестового полуфабриката соответствует некоторое определённое значение мощности магнетрона и времени технологической обработки. С учётом этого обработку теста МКСВЧ проводили для двух мощностей магнетрона – 100 и 180 Вт в течение 30 с.

Методика физического моделирования процесса обработки тестового полуфабриката МКСВЧ.

Применение метода анализа размерностей очень часто не имеет альтернативы при моделировании сложных технологических процессов и явлений, для которых математическая постановка задачи отсутствует. Особенно эффективным метод размерностей является для начальной стадии изучения инженерных и технологических систем, имеющих большое количество переменных.

Для разработки физической модели технологического процесса обработки тестового полуфабриката МКСВЧ использовали метод анализа размерностей [11-12].

Анализ размерностей можно применить, когда известно, какие именно величины существенны в данном случае и в какой системе единиц они выражены. По данному методу нужно выбрать и записать все физические величины, от которых зависит изучаемое явление. Из них выбирают первичные величины – те, которые можно непосредственно измерить (размерные величины). Их называют основными единицами: сила [*p*, *Н*]; путь [*s*, *м*]; время [*t*, *с*]; температура [*T*, *К*] и т. д. Численные значения величин зависят от принятых масштабов, т. е. системы единиц измерения. Остальные величины, значения которых вычисляются, – вторичные (производные): скорость [*v*, *м/с*], давление [$p = p/S^2$, $Н/м^2$] и т. д. Их размерности будут производными. Система первичных величин и основных единиц выбирается произвольно.

Ранее метод анализа размерностей был использован нами для моделирования и оптимизации технологического процесса производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [13].

Основная часть

Разработка физической модели процесса обработки тестового полуфабриката МКСВЧ.

Устройство (магнетрон), генерирующее микроволны с заданной мощностью *N* [*Вт*, размерность $кг{\cdot}м^2/с^3$], используем для обработки тестовой заготовки массой *m* [*кг*] для интенсификации процесса брожения. Другими факторами, влияющими на процесс брожения, являются: температура *T* [*K*] и кислотность теста *A* [*кг*], влажность тестовой заготовки *W* [$кг/м^3$], время её обработки микроволновым излучением сверхвысокой частоты *τ* [*с*] и энтропия термодинамической системы *S* [$L^2MT^{-2}K^{-1}$].

Кислотность теста может определяться в градусах (%) и также массовой доле молочной кислоты в тестовой заготовке (кг). При этом на долю молочной кислоты приходится примерно 75 % от общего количества кислоты в тесте; 25 % приходится на группу так называемых летучих кислот: уксусная, муравьиная, пропионовая, винная, лимонная, яблочная и янтарная [14].

Устанавливаем число независимых между собой параметров *n* = 4 (*L*, *M*, *T*, *K*).

Построим физическую модель, позволяющую найти зависимость времени брожения тестовой заготовки *t* [*с*] от перечисленных выше факторов (*N*, *m*, *T*, *A*, *W*, *τ*, *S*).

1. Представим искомое время в виде степенного одночлена.

$$t = C \cdot N^a \cdot m^b \cdot T^c \cdot A^d \cdot W^e \cdot \tau^f \cdot S^g, \qquad (1)$$

где C – безразмерный коэффициент пропорциональности.

a, b, c, d, e, f, g – показатели степени, подлежащие определению.

2. Составляем уравнение размерностей.

$$T = C \cdot M^{a} \cdot L^{2a} \cdot T^{-3a} \cdot M^{b} \cdot K^{c} \cdot M^{d} \cdot M^{e} \cdot L^{-3e} \cdot T^{f} \cdot L^{2g} \cdot M^{g} \cdot T^{-2g} \cdot K^{-g}.$$

3. Приравниваем показатели степеней левой и правой части, получаем систему уравнений:

$$\begin{aligned} &1)\ L;\ 0 = 2a - 3e + 2g. \\ &2)\ M;\ 0 = a + b + d + e + g. \\ &3)\ T;\ 1 = -3a + f - 2g. \\ &4)\ K;\ 0 = c - g. \end{aligned} \tag{2}$$

4. Для определения всех семи (от a до g) показателей степени переменных величин полученных четырёх уравнений недостаточно. Сделаем предположения (допущения).

Предположим, что температура тестовой заготовки изменяется обратно пропорционально времени брожения, так как с увеличением температуры (точнее в некотором интервале значений температур) происходит снижение времени брожения полуфабриката. При недостатке воды (снижение влажности теста) – тесто плохо бродит, готовые изделия становятся более плотными. Поэтому влажность изменяется обратно пропорционально времени брожения. Так как молочнокислое брожение протекает более интенсивно в полуфабрикатах более густой консистенции, то это будет увеличивать кислотность тестовой заготовки. Тесто готовят безопарным способом, поэтому кислотонакопление будет происходить быстрее.

Таким образом, получаем:

$$c = -1,\ e = -1,\ d = -1.$$

5. Решаем систему уравнений.

Тогда, с учётом полученных значений для c, d и e и решения уравнений (2) получим:

$$a = -\frac{1}{2};\ b = \frac{7}{2};\ c = -1;\ d = -1;\ e = -1;\ f = -\frac{5}{2};\ g = -1.$$

6. Подставляем значения полученных степенных показателей в уравнение (1):

$$t = C \cdot N^{-\frac{1}{2}} \cdot m^{\frac{7}{2}} \cdot T^{-1} \cdot A^{-1} \cdot W^{-1} \cdot \tau^{-\frac{5}{2}} \cdot S^{-1}.$$

Или

$$t = C \cdot \frac{1}{T \cdot A \cdot W \cdot S} \sqrt{\frac{m^{7}}{N \cdot \tau^{5}}}. \tag{3}$$

Коэффициент пропорциональности C определяется на основе эксперимента.

Расчёты, основанные на результатах проведенных экспериментов, показывают, что для значений мощности магнетрона 180 Вт, длительности брожения 90 мин при средней массе выпекаемых изделий 190…200 г коэффициент C имел значения $(9{,}2\ldots11{,}0)\times10^{14}$.

Анализ полученного выражения (3) показывает, что оно не содержит в себе физических противоречий и вполне корректно представляет зависимость времени брожения тестового полуфабриката от факторов, определяющих интенсивность бродильного процесса (N, m, T, A, W, τ, S). Сравнение экспериментальных данных и результатов расчётов по модели (3) показывает, что отличие между ними не превышает 7 %, что для физического моделирования может считаться вполне приемлемой величиной.

Анализ термограмм, представленных на рисунках 1 и 2, позволяет высказать предположение о том, что имеющая место неоднородность температурных полей может быть использована для оценки энтропии тестовых полуфабрикатов. При этом численное значение энтропии может быть определено на основе соотношения средней и наибольшей температур, определённых по результатам термографического анализа тестовой заготовки.

С нашей точки зрения энтропия является важнейшим параметром, интегрально представляющим совокупность всех микробиологических, физико-химических, технологических и некоторых других процессов, протекающих в тестовом полуфабрикате. Совершенно очевидно, что повышение энтропии является одним из главных условий получения качественных продуктов питания и должно реализовываться на всех стадиях технологического производственного процесса. Частичным исключением может являться рецептурная составляющая производимых продуктов. Как следует из полученной физической модели (3), увеличение энтропии обеспечивает также снижение времени брожения тестового полуфабриката.

Последующий анализ физической модели (3) позволил более корректно осуществить экспериментальное изучение влияния факторов, определяющих длительность бродильного процесса.

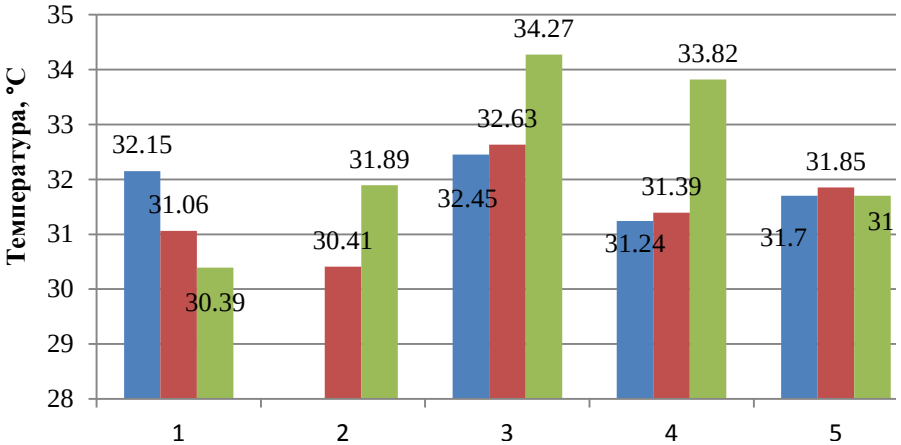
Исследование влияния микроволновой обработки на свойства тестовых полуфабрикатов.

Обработка тестового полуфабриката МКСВЧ по сравнению с контрольным образцом приводит к повышению его температуры (рисунки 1 и 2). Исследования позволили установить, что существуют отличные от оптимальных значения мощности магнетрона, использованные при обработке тестовых полуфабрикатов (ТП), при которых имеет место ингибирование или катализ бродильных процессов. Можно предположить, что это связано с протеканием комплекса взаимосвязанных микробиологических, физико-химических и ряда других процессов, реализация которых обеспечивает брожение тестового полуфабриката.

На рисунках 3 и 4 представлены сводные данные по изменению температуры тестовых полуфабрикатов при температуре их брожения 32 °С в течение 150 и 90 мин, соответственно, на разных стадиях технологического процесса (сразу после замеса теста, после обработки МКСВЧ, перед первой и второй обминками и после окончания процесса брожения). При этом обработка осуществлялась на близких к оптимальным значениям мощностях магнетрона: 100 и 180 Вт, определённых на стадии предварительных исследований процесса брожения ТП.

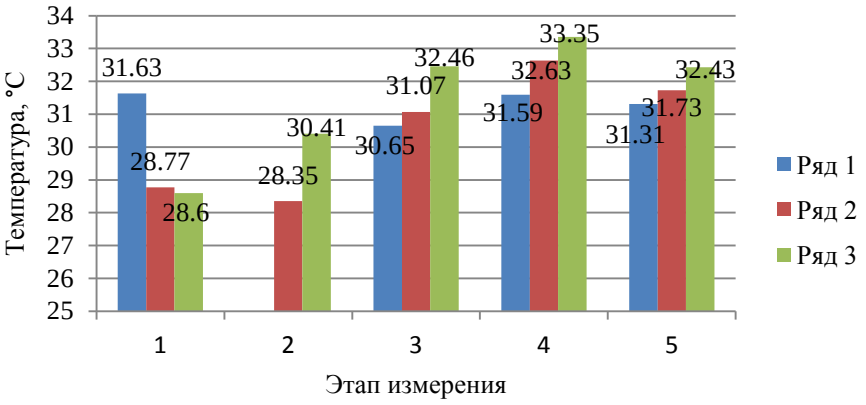
Как следует из представленных на рисунках 3 и 4 данных, обработка тестовых полуфабрикатов МКСВЧ обеспечивает интенсификацию процесса брожения. Об этом свидетельствует увеличение температуры ТП, подвергнутых обработке. При этом наибольший прирост отмечен при использовании для обработки ТП мощности магнетрона 180 Вт. Так, для наиболее часто используемой при производстве ХБИ длительности брожения 150 мин (рисунок 3) наибольшая температура зафиксирована перед первой обминкой ТП – 34,27 °С. По сравнению с контрольным ТП отмечен прирост температуры на 1,82 °. Для процесса брожения теста такой прирост температуры следует считать существенным. При последующей реализации технологического процесса (рисунок 3) температура ТП уменьшается до 33,82 °С перед второй обминкой и 31,7 °С после завершения длительности процесса брожения (150 мин). Полученные результаты позволяют осуществить возможность корректировки в сторону уменьшения продолжительности как технологического процесса брожения тестового полуфабриката, в целом (до 90 мин), так и

его отдельных стадий, в частности, времени брожения до 1 и 2 обминок (30 и 60 мин, соответственно).



1 – температура ТП после замеса; 2 – температура ТП после обработки МКСВЧ;
3 – температура ТП перед первой обминкой (спустя 60 мин); 4 – температура ТП перед второй обминкой (спустя 120 мин); 5 – температура ТП по окончании брожения.
Ряд 1 – контрольный образец; Ряд 2 – образец, подвергнутый обработке МКСВЧ в течение 30 с при мощности магнетрона 100 Вт; Ряд 3 – образец, подвергнутый обработке МКСВЧ в течение 30 с при мощности магнетрона 180 Вт

Рисунок 3 – Исследование температуры контрольного ТП и ТП, подвергнутых обработке МКСВЧ в течение 30 с при длительности брожения 150 мин



1 – температура ТП после замеса; 2 – температура ТП после обработки МКСВЧ;
3 – температура ТП перед первой обминкой (спустя 30 мин); 4 – температура ТП перед второй обминкой (спустя 60 мин); 5 – температура ТП по окончании брожения.
Ряд 1 – контрольный образец; Ряд 2 – образец, подвергнутый обработке МКСВЧ в течение 30 с при мощности магнетрона 100 Вт; Ряд 3 – образец, подвергнутый обработке МКСВЧ в течение 30 с при мощности магнетрона 180 Вт

Рисунок 4 – Исследование температуры контрольного ТП и ТП, подвергнутых обработке МКСВЧ в течение 30 с при длительности брожения 90 мин

Корректировка технологического процесса позволила получить вполне приемлемые результаты (рисунок 4). Были отмечены стабильно высокие значения температур ТП, подвергнутых обработке МКСВЧ при мощности магнетрона 180 Вт, превышающие значения для контрольных образцов перед первой обминкой на 1,81 °С, перед второй – на 1,76 °С, а по завершении технологического процесса – на 1,12 °С. Исследование кислотности тестовых

полуфабрикатов показало, что при температуре брожения 32 °С и времени брожения 90 мин кислотность контрольных образцов, а также образцов обработанных МКСВЧ при мощности магнетрона 100 и 180 Вт, составила 2,0; 2,3 и 2,5 градуса. Полученные в последнем случае значения (2,5) свидетельствуют о завершении процесса брожения теста. Это подтверждает экспериментальные данные, полученные при измерении температуры ТП и представленные на рисунке 4.

В соответствии с откорректированным технологическим процессом была проведена выпечка опытных образцов изделий, которая показала, что они полностью соответствуют требованиям нормативных документов, в частности, ГОСТ 27842-88 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия». Так, образцы хлеба, для которого ТП выбраживался при температуре 32 °С в течение 90 мин, имели пористость 70,1 % (контроль 68,75 %), кислотность 2,3 градуса (1,9) и влажность 40,22 % (39,28). Органолептические показатели выпеченного хлеба также соответствовали требованиям нормативных документов.

Полученные экспериментальные результаты позволяют утверждать о наличии значительных перспектив интенсификации технологического процесса брожения тестового дрожжевого полуфабриката из пшеничной муки путём его обработки МКСВЧ. При этом за счёт корректировки технологического процесса приготовления пшеничного хлеба представляется возможным в 1,7 раза снизить продолжительность процесса брожения теста, а выпеченные по откорректированной технологии продукты по своим органолептическим и физико-химическим свойствам полностью соответствовали требованиям нормативных документов.

Результаты проведенных исследований позволяют высказать некоторые предположения о механизме взаимодействия МКСВЧ с тестовым полуфабрикатом. Под действием МКСВЧ происходит модификация свойств и активности тестового полуфабриката (биосистемы). Взаимодействие биосистемы и МКСВЧ позволяет концентрировать энергию многих несинхронизованных внутренних колебаний в биомакромолекуле в одном типе колебательных движений, синхронизованных внешним электромагнитным полем. Это может обусловить конформационные переходы в биомакромолекулах и, как следствие, изменение их функциональной активности. С точки зрения современной теплотехники тестовый полуфабрикат представляет собой открытую термодинамическую систему. При обработке тестового полуфабриката МКСВЧ интенсификация технологического процесса может определяться перестройкой энергетической функции дрожжей с процесса дыхания на брожение. То есть, термодинамическая система становится более закрытой и её ресурсы используются с наибольшей эффективностью.

Следует отметить, что для продуктов переработки зерна, главным образом хлеба, характерно заражение вредоносными возбудителями бактериозов – спорообразующими бактериями рода Bacillus, вызывающими картофельную болезнь хлеба. Исключительная термоустойчивость спор приводит к тому, что они сохраняют жизнеспособность в процессе выпечки хлеба и вызывают у человека такие заболевания, как артриты, эндокардиты, перитониты, менингиты. Под влиянием протеолитических ферментов бактерий образуются продукты распада белков, придающие хлебу резкий специфический запах. Такой хлеб непригоден ни в пищу человеку, ни на корм животным. Проведенные нами исследования показали, что обработка МКСВЧ кроме интенсификации процесса брожения тестового дрожжевого полуфабриката из пшеничной муки обеспечивает снижение его микробиологической обсеменённости. Это позволяет получать высококачественные и безопасные хлебобулочные изделия, характеризующиеся увеличенным сроком хранения.

Для практического использования установленного экспериментального факта – интенсификации процесса брожения тестового полуфабриката – нами осуществлена разработка конструкции тестомесильной машины периодического действия с функцией интенсификации процесса брожения теста [15-16].

Заключение

По результатам проведенных исследований могут быть сделаны следующие выводы:

1. Предложена методика термографического анализа, позволяющая с высокой точностью оценивать тепловое состояние тестовых дрожжевых полуфабрикатов из пшеничной муки.

2. Разработана физическая модель процесса обработки тестового полуфабриката микроволновыми колебаниями сверхвысоких частот, не содержащая физических противоречий и вполне корректно представляющая зависимость времени брожения тестового полуфабриката (t) от факторов, определяющих интенсивность бродильного процесса (N, m, T, A, W, τ, S). Сравнение экспериментальных данных и результатов расчётов по модели показало, что отличие между ними не превышает 7 %, что для физического моделирования может считаться вполне приемлемой величиной.

3. Обоснована возможность использования разработанной методики термографического анализа для оценки энтропии, которая является важнейшим параметром, интегрально представляющим совокупность всех микробиологических, физико-химических, технологических и некоторых других процессов, протекающих в тестовом полуфабрикате. Повышение энтропии является одним из главных условий получения качественных продуктов питания и должно реализовываться на всех стадиях технологического производственного процесса. Возможным исключением (ограничением) может являться рецептурная составляющая производимых продуктов.

4. Установлено, что обработка микроволновыми колебаниями сверхвысоких частот обеспечивает интенсификацию бродильного процесса тестовых полуфабрикатов. Это позволяет осуществить корректировку длительности брожения теста в сторону уменьшения продолжительности, как всего технологического процесса (до 90 мин), так и его отдельных стадий, в частности, времени брожения до 1 и 2 обминок (30 и 60 мин, соответственно). Как следствие, представляется возможным в 1,7 раза сократить длительность технологической операции брожения тестового полуфабриката.

5. Выпечка опытных образцов хлебобулочных изделий, произведенная в соответствии с откорректированным технологическим процессом, показала, что они полностью соответствуют требованиям нормативных документов. Образцы хлеба, для которого ТП выбраживался при температуре 32 °С в течение 90 мин, имели пористость 70,1 % (контроль 68,75 %), кислотность 2,3 градуса (1,9) и влажность 40,22 % (39,28). Органолептические показатели выпеченного хлеба также соответствовали требованиям нормативных документов.

Список литературы

1. Kalla, A. M. Microwave energy and its application in food industry: A reweiw / A.M. Kalla., R. Devaraju // Asian J. Dairy & Food Res. – 2017. – Vol. 36 (1). – P. 37–44.

2. Okeke, C. Microwave Heating Applications in Food Processing / C. Okeke, A. E. Abioye, Y. Omosun // Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE). – 2014. – Vol. 9. – Issue 4. – Ver. II. – P. 29–34.

3. Puligundla, P. Potentials of Microwave Heating Technology for Select Food Processing Applications – a Brief Overview and Update / P. Puligundla, A. A. Seerwan, Won Choi, Soojin Jun, Sang-Eun Oh, Sanghoon Ko // J. Food Process & Technology. – 2013. – Vol. 4. – Issue 11. – P. 4–11.

4. The Development and Application of Microwave Heating. Edited Wenbin Cao, Publisher: InTech, 2012. – 212 p. DOI: 10.5772/2619.

5. Microwave Heating. Edited by Usha Chandra, Publisher: InTech, 2011. – 382 p. DOI: 10.5772/825.

6. Datta, A. K. Handbook of Microwave Technology for Food Application. CRC Press, 2011. – 536 p.

7. Русина, И. М. Сравнительная характеристика показателей качества пшеничной муки и композитных смесей после предварительного СВЧ-нагрева / И. М. Русина, И. С. Жебрак // Современные технологии сельскохозяйственного производства : материалы XX Междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 26 мая 2017 г. : сб. науч. ст. / М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Гродн. гос. аграрн. ун-т ; отв. за вып.: В. В. Пешко. – Гродно, 2017. – С. 126–128.

8. Ушакова, Н. Ф. Влияние СВЧ-нагрева на процесс брожения опары при производстве пшеничного хлеба / Н. Ф. Ушакова, В. В. Касаткин // Пищевая промышленность. – 2013. – № 9. – С. 40–41.

9. Потеха, В. Л. Интенсификация процесса брожения теста электромагнитными колебаниями сверхвысоких частот / В. Л. Потеха, Т. В. Шавко, А. А. Шведко // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 5–6 октября 2017 г. / Науч.-практ. центр Нац. академии наук Беларуси по продовольствию ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. – Минск, 2017. – С. 197–200.

10. Потеха, В. Л. Перспективы использования СВЧ-технологий при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / В. Л. Потеха, Е. В. Невская, А. А. Шепшелев // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 5–6 октября 2017 г. / Науч.-практ. центр Нац. академии наук Беларуси по продовольствию ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. – Минск, 2017. – С. 194–197.

11. Бриджмен, П. Анализ размерностей / П. Бриджмен. – Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2001. – 148 с.

12. Гуревич, В. Теория размерности / В. Гуревич, Г. Волмэн. – М. : Гос. изд-во иностр. лит-ры, 1948. – 440 с.

13. Моделирование технологического процесса производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий с использованием электромагнитных колебаний СВЧ / В. Л. Потеха, А. И. Никольский, А. В. Потеха, А. А. Шведко, К. В. Чурак, М. И. Веренич // Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Казань, 30–31 мая 2017 г. / М-во сельск. хозяйства РФ, Казанск. гос. аграрн. ун-т ; редкол.: Д. И. Файзрахманов [и др.]. – Казань, 2017. – С. 159–164.

14. Про хлеб и булки. Кислотность как показатель качества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bvallejo.livejournal.com/67237.html. – Дата доступа: 27.02.2018.

15. Тестомесильная машина для малых производственных предприятий АПК / В. Л. Потеха, Е. В. Невская, А. В. Потеха, А. А. Шведко // Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию А.П. Тарасенко, Воронеж, 10 января 2017 г. / М-во сел. хоз-ва РФ, Департамент науч.-технол. политики и образования, Воронеж. гос. аграрн. ун-т им. Императора Петра I ; редкол.: В. В. Василенко [и др.]. – Воронеж, 2017. – Ч. II. – С. 175–181.

16. Тестомесильная машина периодического действия : полез. модель 11439 / А. В. Потеха, К. В. Чурак, М. И. Веренич, А. А. Бурак, В. Л. Потеха. – Опубл. 02.05.2017.

УДК 664: 66.021.3

ВЛИЯНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПРОДУКТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО АППАРАТА

М. В. Просин, Е. И. Стабровская, Н. В. Васильченко, Е. А. Сафонова
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Увеличение скорости технологических процессов и производительности технологического оборудования, а также снижение энергопотребления и материалоемкости при повышении качества конечного продукта – это главные цели, которые ставят перед собой проектировщики и разработчики при создании новых или модернизации существующих конструкций аппаратов и машин.

Достижение поставленных задач заключается в создании высокоэффективного оборудования, применении различных физико-химических эффектов и явлений, основанных на научно-техническом прогрессе и новейших технологических разработок в производстве ряда продуктов.

Сегодня самыми перспективными методами интенсификации процессов и увеличения эффективности технологического оборудования считаются методы, которые основываются на импульсном энергетическом воздействии совместно с различными физико-химическими эффектами, использующими внешние и внутренние источники энергии [1].

Для осуществления многих производственных процессов хорошо зарекомендовали себя роторно-пульсационные аппараты (РПА), которые отвечают всем вышесказанным критериям. Они широко применяются в химической, пищевой, фармацевтической, нефтяной промышленности для таких процессов, как гомогенизация, диспергирование, экстракция [2].

Пульсационные аппараты роторного типа известны в технике и технологии уже более 40 лет. Конструкция РПА достаточно проста и представляет собой симбиоз гидродинамического, акустического и механического воздействия на материальные потоки.

За такой большой период времени закономерности работы этих аппаратов должны быть хорошо исследованы, изучены и рассчитаны в математическом виде. Но кажущаяся простота конструкции РПА несет в себе сложность в гидродинамическом и акустическом описании. Скорее всего, из-за многообразия и сложности физических и химических процессов, возникающих в жидкой среде при обработке продукта в РПА, тормозится их внедрение в производство [3].

Для интенсификации процесса и повышения качества получаемого продукта используют различные конструкции РПА. Одним из усовершенствований является создание рециркуляции продукта в рабочей области аппарата и увеличение количества стадий обработки. Рециркуляция – это многократное полное или частичное движение различных потоков гомогенных или гетерогенных веществ в технологическом процессе для регулирования температуры, различных концентраций компонентов в продукте, а также для повышения выхода целевого компонента из вещества [4].

На кафедре «Технологическое проектирование пищевых производств» ФГБОУ ВО КемГУ разработан роторно-пульсационный экстрактор с промежуточной обработкой продукта, в котором использованы принципы рециркуляции (рис. 1) [5].

Данная конструкция РПА предназначена для интенсификации процесса экстрагирования в системе твердое тело – жидкость. Основными элементами аппарата являются направляющие лопасти прямоугольной формы, изогнутые по винтовой линии, направляющие поток к штуцерам для промежуточной обработки.

Эффективность предложенной конструкции аппарата была подтверждена в ряде экспериментальных исследований по извлечению сухих веществ из плодово-ягодного сырья, при производстве солодовых концентратов, а также по проведению процесса затирания для пивоваренного производства [6].

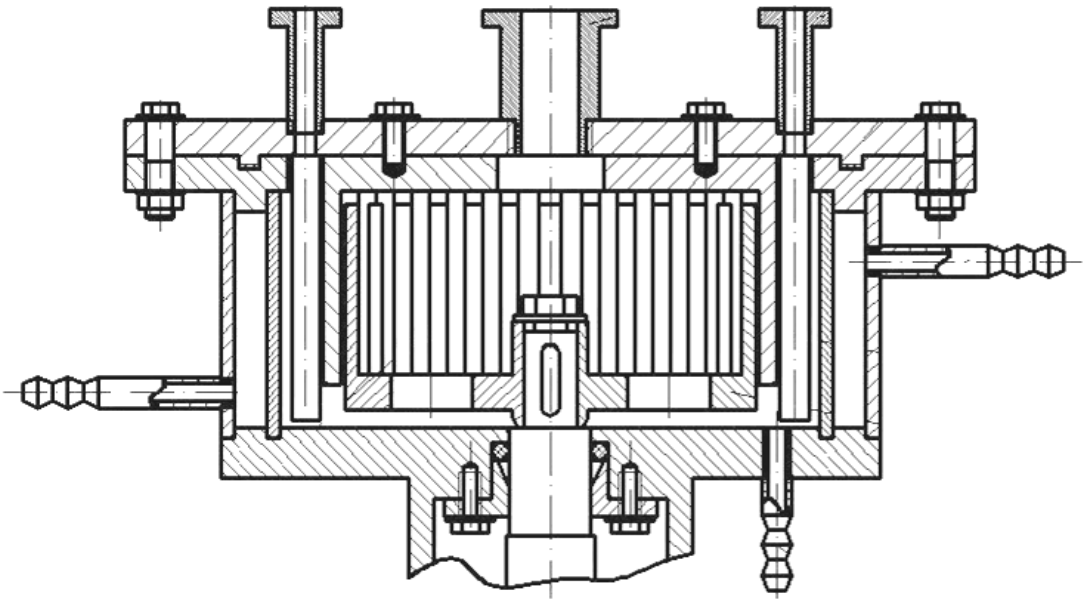


Рисунок 1 – Роторно-пульсационный экстрактор с промежуточной обработкой продукта

Для исследований использовались:

– ягоды черноплодной рябины;

– солод трех марок (ГОСТ 29294 – 92): Бельгийский, Финский пшеничный, Немецкий «Пилснер»;

– хмель пивоваренный (ГОСТ 32912-2014);

– спирт пищевой (ГОСТ 5962-2013);

– вода питьевая (ГОСТ Р 2874-82).

При проведении экспериментов применяли известные физико-химические, биохимические и микробиологические методы исследования. Определение концентрации сухих веществ в полученных образцах осуществлялось при помощи рефрактометрического анализа.

Начальным этапом исследования было проведение экспериментов по проведению стадии затирания солода с целью последующего производства пива [7]. Эффективность работы представленной конструкции экстрактора оценивалась при сравнении концентрации растворимых сухих веществ и других компонентов в пивном сусле, приготовленных с помощью экстрактора, с контрольным образцом по классической настойной схеме затирания. Для обеспечения необходимого температурного режима осуществлялся обогрев через тепловую рубашку аппарата.

Процесс затирания является неотъемлемой технологической стадией производства пива, проводимой в заторных котлах с временем обработки более двух часов [8]. В нашем случае требуемая концентрация достигалась в течение 15 минут.

В соответствии с технологическими условиями производства пива при проведении экспериментальных исследований осуществлялась проба на разрушение крахмала в полученном заторе. Во время опытов йодная проба свидетельствовала о полном осахаривании крахмала.

Анализируя результаты экспериментов, видно, что физико-химические показатели опытных образцов отличаются от контроля незначительно. При затирании в РПА при рациональных параметрах процесса и поддержания температурного режима в 70 °С в экспериментальном сусле повышается аминный азот на 18 %, на 42 % уменьшается высокомолекулярная фракция белка А, полифенольные вещества снижаются на 67 % и

мутность уменьшается на 25 % по отношению к контрольному образцу, что положительно сказывается на качестве конечного продукта.

Таблица 1 – Физико-химические показатели опытного сусла

Показатель	Контроль	1 лопасть	2 лопасти	4 лопасти
Содержание сухих веществ, %	20,8	21,0	21,4	21,4
Аминный азот, мг/100 г сухих веществ	274,3	225,5	321,3	282,1
Фракция белка А, мг/100 г сухих веществ	187,6	116,4	107,3	107,0
Полифенолы, мг/100 г сухих веществ	1595	681,5	666,2	676,0
Мутность, ед. опт. плотн.	0,45	0,45	0,35	0,31

Следует отметить, что применение роторно-пульсационного экстрактора к последующим стадиям производства пива положительно сказывается на интенсивности приготовления и качестве конечного продукта. Применение роторно-пульсационного экстрактора для получения хмелевого экстракта и кипячение его в пивоваренном сусле на стадии охмеления позволит получить лучшее извлечение изогумулона и возможность снижения норм внесения хмеля. Всего лишь трехминутная обработка водно-хмелевого экстракта в РПА доводит содержание изогумулона до уровня, равного охмеленному пивному суслу, полученному классическим способом в результате двухчасового кипячения.

Предварительные экспериментальные данные показали, что содержание изогумулона в охмеленном пивном сусле составляет 72,4 мг/дм^3, что на 15 % больше по сравнению с образцом, полученным классическим способом. Использование РПА на этапе охмеления пивоваренного сусла позволяет увеличить выход горьких веществ, в результате чего становится возможным снизить нормы внесения хмеля и сократить длительность процесса кипячения при охмелении с двух до одного часа. Проведенные эксперименты показывают перспективы для дальнейших исследований хмелевых экстрактов [9].

Следующим этапом стало приготовление пива из экспериментального сусла. Стадия брожения у опытного образца показала себя на порядок лучше, чем у контрольного, длительность сбраживания уменьшилась на 30 %. Пивной напиток, приготовленный из экспериментального сусла, незначительно отличался от контрольного по содержанию спирта, кислотности и цвету, обладал чистым, полным, гармоничным вкусом и получил высокую дегустационную оценку.

Проведение процесса затирания в предложенной конструкции экстрактора повышает качество пивного сусла, положительно сказывается на процессе брожения и качестве конечного продукта.

Дополнительные эксперименты на солоде подтвердили эффективность представленной конструкции РПА. Солодовые экстракты применяются в различных областях пищевой промышленности, начиная от пивоваренной отрасли и заканчивая хлебопекарной.

Классическая технология производства солодовых экстрактов схожа с пивоварением и включает в себя затирание солода в заторных чанах в течение длительного времени и дальнейшее концентрирование полученной смеси [10].

При использовании РПА процесс получения солодовых экстрактов значительно сокращается. Вместо двух часов затирание проводится в течение 15 минут за счет интенсивной гидроакустической обработки.

Разработанная конструкция экстрактора также подтвердила свою эффективность при экспериментах на плодах черноплодной рябины. Исследования показали увеличение

концентрации экстрактивных веществ, в зависимости от времени и числа лопастей в экстракторе. Результаты показаны на рис. 2.

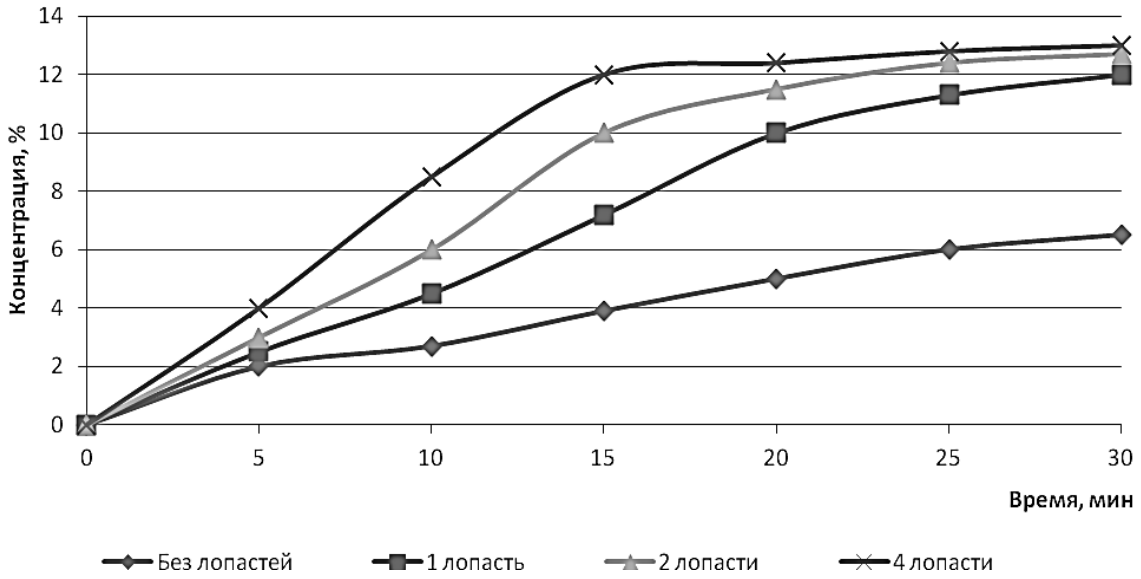


Рисунок 2 – Зависимость концентрации сухих веществ плодов черноплодной рябины от длительности процесса

Анализ результатов показал, что максимальная концентрация была достигнута после 20 минут обработки, при этом наблюдается прямо пропорциональная зависимость концентрации от количества лопастей. Последующее продолжение обработки нерационально, так как достигается равновесная концентрация и наступает равновесие фаз.

Это можно объяснить тем, что при помощи направляющих лопастей материальный поток направляется в центральную зону аппарата и проходит дополнительную обработку через рабочие элементы ротора и статора для создания рецикла. Многократная обработка повышает продолжительность контакта экстрагируемого материала с экстрагентом, значительно уменьшая эквивалентный диаметр частицы твердого сырья, за счет чего увеличивается поверхность соприкосновения фаз, снижается диффузионное сопротивление, тем самым увеличивая количество веществ диффундирующих в единицу времени. Многократные воздействия ультразвуковых волн и гидродинамического воздействия ускоряет процесс набухания сырья, разрушение содержимого клетки и увеличивает скорость обмывания частиц материала. Конвективная диффузия внутри частиц материала и в пограничном диффузионном слое практически заменяет молекулярную, что приводит к снижению продолжительности массообмена.

К наиболее значимым результатам разработки конструкции экстрактора с рециркуляцией можно отнести интенсификацию процесса затирания для пивоваренного производства при производстве хмелевых и солодовых экстрактов. В результате проведенных экспериментов продолжительность процесса сократилась в 5–8 раз, увеличился выход целевого компонента, уменьшилась длительность следующих этапов приготовления пива. При применении экстрактора к получению плодово-ягодных экстрактов позволяется снизить длительность экстрагирования в 2–4 раза при лучшем качестве готового продукта.

Таким образом, применение разработанной конструкции аппарата показало высокую эффективность и перспективность его использования в различных отраслях промышленности.

Но следует отметить и минусы этой конструкции. Основным недостатком является то, что при установке дополнительных лопастей происходит увеличение трения и сопротивления материального потока в аппарате, вследствие чего необходимы

дополнительные затраты мощности для работы аппарата. Тем самым, чем больше лопастей для рецикла устанавливается, тем больше энергии требуется затратить.

В связи с этим требуется модернизация конструкции с целью снижения энергозатрат и сохранения рециркуляции. Возможный отказ от лопастей или изменение их формы, а также переход к другой конструкции позволит избежать появления этого недостатка. Разработка экономичной и в то же время эффективной конструкции аппарата поможет его широкому внедрению в промышленные масштабы. По результатам исследований разрабатываются новые способы производства и новые конструкции экстракторов.

Список литературы

1. Интенсификация процесса охмеления пивного сусла с применением роторно-пульсационного аппарата / Д. М. Бородулин [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2017. – № 4. – С. 3–12.

2. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (Vaccinium ashei) wine pomace / B. He [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 204. – P. 70–76.

3. Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 1: techniques and applications / C. Jiménez-Sánchez [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition. – 2017. – Vol. 57, № 3. – P. 501–523.

4. Разработка экстракторов для системы «твердое тело – жидкость» / А. Н. Потапов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 3 (30). – С. 80–85.

5. Пат. 2445143 Российская Федерация, МКИ B01D 11/02, B01F 7/00. Роторно-пульсационный экстрактор с промежуточной обработкой продукта / Потапов А. Н., Светкина Е. А., Попик А. М., Просин М. В. ; Заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – опубл. 20.03.2012, Бюл. № 8.

6. Gluten reduction in beer by hydrodynamic cavitation assisted brewing of barley malts / L. Albanese [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 82, № 1. – P. 342–353.

7. On-cartridge derivatisation using a calixarene solid-phase extraction sorbent for facile, sensitive and fast determination of formaldehyde in beer / Z. Deng [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 211. – P. 314–319.

8. Федоренко, Б. Н. Пивоваренная инженерия: технологическое оборудование отрасли / Б. Н. Федоренко. – СПб. : Профессия, 2009. –1000 с.

9. Beer-brewing powered by controlled hydrodynamic cavitation: Theory and real-scale experiments / L. Albanese [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 142, №. 4. – P. 1457–1470.

10. Назимова, Е. В. Совершенствование технологии и товароведная оценка хлеба с применением солодовых экстрактов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Назимова Екатерина Васильевна. – Кемерово, 2017. – 149 с.

УДК 575.112

БИОИНФОРМАТИКА И СРЕДСТВА КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА

В. В. Романова, О. А. Ивина
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Рассмотрим одну из перспективных развивающихся отраслей научного знания – биоинформатику. Довольно трудно дать ей строгое определение, биоинформатика – это междисциплинарный предмет, объединяющий в единую дисциплину: биологию, прикладную математику, статистику и информатику. Строго говоря, биоинформатика (bioinformatics) – быстро развивающаяся отрасль информатики (теории информации), расширяет предметную область вычислительной биологии и занимающаяся теоретическими вопросами хранения и передачи информации, изучающая применение методов количественного анализа в моделировании биологических систем. Таким образом, биоинформатика изучает применение информационных технологий для управления биологическими данными и процессами. На практике – это использование компьютеров для обработки экспериментальных данных полученных опытным путем (структуры биологических макромолекул, таких как белки и нуклеиновые кислоты) с целью получения биологически значимой информации [1].

Биоинформатика – это область науки, разрабатывающая и применяющая вычислительные алгоритмы для систематизации и анализа генетической информации с целью определения молекулярных основ биологических процессов с последующим использованием этих знаний на практике, это связано с тем, что объем генетической информации о строении макромолекул накапливается и систематизируется в банках данных, начал увеличиваться, с возрастающей скоростью, данный скачок был связан с разработкой быстрых методов секвенирования (расшифровки нуклеотидных последовательностей ДНК). Первые несколько сотен расшифрованных последовательностей белков были опубликованы в виде книги-атласа.

В начале 1970-х гг. число расшифрованных последовательностей возросло настолько, что их стало невозможно публиковать в книгах, более того, стало понятно, что нужны специальные программы для сравнения последовательностей, поскольку сам человек не справляется с анализом такой информации [1].

Современная биология имеет дело с гигантскими объемами данных, к которым старые методы либо неприменимы, либо им просто не справиться с задачей их обработки. Здесь и приходит на помощь биоинформатика. В общем смысле, биоинформатика – это использование компьютерных, математических и статистических методов для решения биологических задач. Сейчас биологические исследования очень разнообразны, появился целый ряд новых наук, так называемых "омик" (геномика, транскриптомика, протеомика, метаболомика и другие), многие из которых уже заняли место в современной биологии. Также существуют и совсем междисциплинарные научные направления, например, такая область как системная биология. Она ставит целью объединить всё в единую картину, изучая и моделируя взаимодействия в живых системах. Биоинформатика, как и биология, имеет довольно широкий разброс методов и разделов [2].

Методы биоинформатики позволяют не просто обрабатывать эти огромные массивы данных, а также выявлять их закономерности, которые не всегда можно заметить при обычном эксперименте, это позволяет предсказывать функции генов и зашифрованных в них белков, строить модели взаимодействия генов в клетке. Одним из результатов такого прогресса стало появление проектов, в рамках которых должны быть оцифрованы сотни тысяч или даже миллионы геномов, включая расшифровку генома, определение пространственной структуры белка, построение биомакромолекул и моделирование их функционирования и создание новых [3].

Биомакромолекулы хранящие наследственную информацию, можно представить, как последовательность символов – своего рода букв, такая информация очень легко формализуется для хранения и обработки в вычислительных системах и банках данных. При секвенировании

получают длинную нуклеотидную последовательность. Расшифровка одного белка, включающая кроме определения последовательности нуклеотидов еще и определение функциональных характеристик его фрагментов, требует, как минимум современной лаборатории [4].

Объемы полученных данных в современной науке, таких как генетический код, без применения информационных технологий их анализ практически невозможен, что делает роль биоинформатики еще весомее.

Данные полученные в ходе экспериментов, для биоинформатика представлены как:

– строки (последовательность символов, описывающие молекулы ДНК, РНК, белки);

– трехмерные и двумерные реалистичные данные (данные полученные при микроскопии);

– вектора из целых неотрицательных чисел (глубина покрытия дискретными объектами, короткими участками ДНК-ридами);

– массивы вещественных чисел (экспериментальные данные массы белка или его части);

– матрицы из нолей и единиц (виды бактерий);

– и другие возможные биологические явления.

Биологи часто сталкиваются с задачей, для решения которой нужна биоинформатика, например: сборка генома, нахождение и изучение функций генов, предсказание экспрессии генов, предсказание функций белков, поиск геномных вариантов и ассоциированных с ними фенотипов, неонатальная диагностика на генетические заболевания, вопросы эволюционной и сравнительной биологии, моделирование эволюции и даже разработка лекарств [3].

Изучая биоинформатику, помимо практических навыков программирования, статистического анализа, обработки данных и визуализации результатов, биологи могут начать общаться на одном языке с техническими специалистами, грамотно ставить задачи, проверять полученные решения и работать более эффективно вместе с программистами и математиками над улучшением и созданием удобных и простых в обращении биоинформатических программ [5].

Для информатиков и математиков биоинформатика – это возможность:

– использовать знания Computer Science к предметной области – биологии и медицине, пищевой промышленности;

– решать интересные и сложные алгоритмические задачи;

– создавать программные продукты;

– применять свои знания для решения многих профессиональных задач и быть полезными для человечества, связанных со здоровьем, качеством и продолжительностью жизни людей сделать реальный вклад в развитие наук о жизни в целом.

И тем, и другим, биоинформатика помогает значительно ускорить профессиональный рост, а также интересные, сложные и нетривиальные научные задачи.

Для анализа больших массивов данных, требуются высокопроизводительные вычисления, обычный компьютер не способен справиться с поставленной задачей - не хватит вычислительных мощностей - объема памяти и производительности. В биоинформационных системах объемы данных постоянно увеличиваются, растет сложность запросов к базам данных, участие в работе удаленных исследовательских групп, приводит к использованию масштабируемых серверов и систем памяти высокого уровня. Для биоинформатики необходимы более современные инструменты получения данных, средства визуализации и управления данными, что предполагает объединение всех систем в единый, высокопроизводительный комплекс - веб-сервис (облачный сервис) [6].

Облако – это интернет-сервис, в котором все ваши данные хранятся на удаленном сервере в Интернете, и вы с ними работаете прямо там, используя мощность процессора, дисков и даже внешних устройств на серверной стороне. Облачные вычисления – это перевод веб- и интернет-сервисов на новый уровень, вы не только используете удаленные серверы для

получения и обработки данных, но и результаты вашей работы тоже хранятся там. Пример облачного сервиса – iBinom (Российский облачный сервис для расшифровки генома).

Чем это удобно, тем что, результат работы – последовательности, аннотации, модели, статьи в конечном итоге все равно попадают в интернет-базы данных. Биоинформатик очень значительную часть данных для своей работы берет в Интернете и туда же они, обработанные и дополненные, возвращаются, потому совершенно логичным будет сразу работать в глобальной сети. Это позволяет не заботиться о программном обеспечении на вашем компьютере, о его мощности, объеме памяти, защите. Нужен только браузер, и можно полноценно работать, в командировках или даже экспедициях. Биоинформатика очень чувствительна к вычислительной мощности, например, процессы молекулярной динамики считаются даже на современных быстрых рабочих станциях недели и месяцы. А ведь эти станции нужно купить, установить их сами и программы на них, научиться работать, обеспечивать обслуживание и загрузку. Облако же позволяет просто арендовать необходимые вычислительные мощности на нужное время, это получается гораздо дешевле [7].

Несомненно, у облаков есть свои проблемы, например, разграничение доступа и секретность, невозможность доступа к данным без интернета, но их плюсы несомненны и можно ожидать в ближайшем будущем появления виртуальных лабораторий, которые можно будет арендовать для своих исследований, а также в облаках несколько человек могут одновременно в реальном времени работать над одним и тем же проектом [8].

Статистический анализ является неотъемлемой частью научного исследования. Качественная обработка данных повышает шансы и позволяет вывести исследования на международный уровень. Существует много программ, способных обеспечить качественный анализ, однако большинство из них платные.

Наиболее часто используемыми инструментами и технологиями в этой области являются языки программирования Java, Perl, C#, C, C++, Python, R; язык разметки – XML; базы данных – SQL; пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений и одноимённый язык программирования, используемый в этом пакете – MATLAB, и электронные таблицы [9].

На данный момент насчитываются десятки статистических пакетов, среди которых явными лидерами являются SPSS, SAS и MatLab. Несмотря на высокую конкуренцию, R стал самым используемым программным продуктом для статистического анализа в научных публикациях. Кроме того, в последнее десятилетие R становится все более востребованным такими компании-гиганты, как Google, Facebook, Ford и New York Times активно используют его для сбора, анализа и визуализации данных.

Программы с графическим интерфейсом имеют привычный для обычного пользователя вид и легки в освоении, для решения сложных задач они не подходят, так как имеют ограниченный набор статистических методов и в них невозможно писать собственные алгоритмы.

Среди языков программирования, используемых в статистических расчетах, лидирующие позиции занимают R и Matlab. Они схожи между собой, как по внешнему виду, так и по функциональности; что и определяет их специфику. Исторически MatLab был ориентирован на прикладные науки инженерных специальностей, поэтому его сильными сторонами являются математическое моделирование и расчеты, к тому же он гораздо быстрее работает, чем R. Язык R разрабатывался как узкопрофильный для статистической обработки данных, то многие экспериментальные статистические методы появлялись и закреплялись именно в нем. Примером статистической среды, за которую не надо платить, а ее надежность и популярность конкурируют с лучшими коммерческими статистическими пакетами сделали R идеальной площадкой для разработки и использования новых пакетов, применяемых в фундаментальных науках [10].

Другими конкурирующими языками являются Python и Julia, Python, являясь универсальный языком программирования, больше подходит для обработки данных и сбора информации с применением веб-технологий, чем для статистического анализа и визуализации, а статистический язык Julia - довольно молодой и претенциозный проект. Основной особенностью

этого языка является скорость вычислений, в некоторых тестах превышающая R в 100 раз. Язык Julia находится на ранней стадии развития и имеет мало дополнительных пакетов и последователей, но в отдаленный перспективе Julia – это, пожалуй, единственный потенциальный конкурент R.

Языки Python и R предназначены для работы с данными, и у обоих языков есть свои достоинства и недостатки. Выбор того или иного языка зависит от конкретной ситуации, а также от того, какие еще распространенные инструменты требуются для решения задачи.

Python и R – популярные языки программирования для работы со статистикой. В то время, как язык R разрабатывался с целью применения именно на потребности статистиков, Python более понятен синтаксисом.

В настоящее время язык R является одним из ведущих статистических инструментов в мире. Он активно применяется в генетике, молекулярной биологии и биоинформатике, науках об окружающей среде (экология, метеорология) и сельскохозяйственных дисциплинах. Также R все больше используется в обработке медицинских данных, вытесняя с рынка такие коммерческие пакеты, как SAS и SPSS.

Существует множество инструментов для обработки, преобразования и анализа данных. Многие из них написаны на разных языках программирования и предназначены для различных компьютерных платформ, задача согласования между собой разных инструментов, а также сопровождении программного обеспечения, все это под силу новому поколению биоинформатиков. Нужны новые вычислительные технологии, которые могли быть применимы для биоинформатики.

Список литературы

1. Курникова, А. О. Биоинформатика и биоинформационные системы: назначение, функции, обзор и перспективы развития / А. О.Курникова // Молодежный научно-технический вестник. – 2015. – №3. – С. 13.
2. Bioinformatics.ru (дата обращения 11.02.2018).
3. Alinejad-Rokny, H. Machine learning and data mining techniques for medical complex data analysis / H. Alinejad-Rokny, E. Sadroddiny, V. Scaria // Neurocomputing. – 2018. – Vol. 278. – P. 1.
4. Plieskatt, J. Bioclojure: a functional library for the manipulation of biological sequences / J. Plieskatt [et al.] // Bioinformatics. – 2014. – Vol. 30(17). – P. 2537–2539.
5. Иванова, Г. С. Оценка эффективности представления графов де Брёйна параллельной асинхронной моделью в задачах биоинформатики / Г. С. Иванова, Ю. К. Петров // Технологии инженерных и информационных систем. – 2015. – №1. – С. 34–38.
6. Большие данные в биоинформатике / Н. Н. Зип, В. В. Корнилов, А. А. Морозова, А. А. Горбунов, М. Н. Остин // Математическая биология и биоинформатика. – 2017. – Вып.1. – С. 102–119.
7. Обеспечение информационной безопасности облачных вычислений / Е. А. Исаев, Д. В. Думский, В. А. Самодуров, В. В. Корнилов // Математическая биология и биоинформатика. – 2015. – Вып.2. – С. 567–579.
8. Оплачко, Е. С. Облачные технологии и их применение в задачах вычислительной биологии / Е. С. Оплачко, Д. М.Устинин, М. Н Устинин // Математическая биология и биоинформатика. – 2013. – Вып.2. – С. 449–466.
9. NGS++: a library for rapid prototyping of epigenomics software tools / A. Nordell [et al.] // Bioinformatics. – 2013. - Vol. 29 (15). – P. 1893–1894.
10. Евдокимова, Г. С. Роль статистических пакетов обработки данных в научноисследовательской работе студентов/ Г. С. Евдокимова // Системы компьютерной математики и их приложения. – 2015. – №16. – С. 246–248.

УДК 663.4:66

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ И НИЗКОЧАСТОТНЫХ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ПИВОВАРЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е. А. Сафонова, Д. М. Бородулин, М. В. Просин
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Эффективное использование сырья и материалов, интенсификация технологических процессов, снижение энергозатрат остаются актуальными задачами в отраслях пищевой промышленности. Одним из их решений является применение гидромеханической кавитации и акустических упругих колебаний. Известны примеры их применений для интенсификаций процессов гомогенизации, диспергирования, эмульгирования, массообмена [1, 2], дезинфекции [3, 4] и др. Использование этих явлений, как в РФ, так и за рубежом рассмотрено в пивоваренной отрасли для сокращения времени стадии затирания [5], активации пивных дрожжей [6], производства пива без глютена [7, 8], в виноделии – для оптимизации процесса экстракции [9].

Генерирование упругих акустических колебаний и гидромеханической кавитации успешно реализовывают в роторно-пульсационных аппаратах (РПА). В таких аппаратах обрабатываемая гетерогенная среда подвергается многофакторному влиянию: механическому – за счет высоких сдвиговых и срезывающих напряжений при контактах с зубьями ротора и статора; гидродинамическому – вследствие высокой турбулентности, пульсаций скорости и давления потока; гидроакустическому – проявляющемуся в развитой кавитации и ударных волнах. Отличительной характеристикой РПА является то, что одновременно источником и объектом гидромеханических колебаний служит обрабатываемая жидкость. Механическая энергия преобразуется в акустическую и кавитационную без промежуточных трансформаций. Поэтому КПД этих аппаратов достаточно высок. Нестационарные потоки в РПА отличаются формами (безкавитационные, кавитационные, нерезонансные, резонансные, колеблющиеся), а при работе аппарата в кавитационном режиме, наиболее эффективном – способами их возбуждения (гидродинамические, акустические, смешанные, резонансные, импульсные, низкочастотные, высокочастотные).

Нами предлагается применение роторно-пульсационного аппарата, конструкция которого обеспечивает кавитационный режим работы при наложении на жидкую среду упругих низкочастотных колебаний для интенсификации процесса охмеления в пивоваренной промышленности.

В традиционном пивоварении процесс охмеления проводят в сусловарочных аппаратах. Этот способ заключается в кипячении пивного сусла с хмелем в течение 1,5–2,0 часов. Количество вносимого сырья зависит от типа и сорта пива, а также его качества. Хмель вносят в один или несколько приемов. Благодаря содержанию в нем комплекса горьких и полифенольных веществ, компонентов эфирных масел обеспечивается создание уникальных органолептических свойств напитка. Горькие вещества, содержащиеся в шишках хмеля, по своему строению, физико-химическим свойствам и органолептическим характеристикам не обнаружены в других растениях. Поэтому хмель до сих пор является незаменимым сырьем для пивоваренного производства. Горькие вещества обладают высокой поверхностной активностью, благодаря чему повышают стойкость пены, и бактерицидными свойствами – являются натуральным консервантом. Об окончании процесса охмеления судят по массовой доле сухих веществ в сусле, его прозрачности и завершению свертываемости в нем белково-дубильных комплексов в крупные хлопья. В результате происходит ароматизация сусла за счет горьких и ароматических веществ хмеля, стабилизация его состава за счет инактивации ферментов, осветление и повышение коллоидной стойкости за счет коагуляции белков, стерилизация и упаривание. Для проведения процесса охмеления классическим способом требуются большие затраты энергии, времени и сырья. Новый

способ охмеления пивного сусла позволит сократить расход хмеля, а также время проведения процесса.

Предлагаемый способ [10] предусматривает предварительное приготовление хмелевого экстракта, заключающееся в обработке пивного сусла с гранулированным хмелем в роторно-пульсационном аппарате. Аппарат [11] содержит закрепленный на валу (12) ротор, который состоит из венца (10) и ступицы (11), внешний статор (9) и внутренний статор (8). В венцах этих элементов выполнены прямоугольные пазы. Внутренние поверхности ротора и статоров имеют коническую форму, благодаря чему есть возможность регулировки зазора между ними при помощи шайб (17). Через штуцер (2) в рабочую полость (1) поступает жидкий (-ие) компонент (-ы). По штуцеру (3), камере (7) и каналам внутреннего статора (15) вводится компонент с более легким удельным весом (если таковой имеется) непосредственно в зазор. В ступице ротора выполнены отверстия (14). Лопатки (13) установлены для повышения насосного эффекта. Штуцер (4) служит для вывода переработанного продукта из аппарата. Тепловая рубашка (16) со штуцерами для входа (5) и выхода (6) теплоносителя предназначена для обеспечения заданного температурного режима.

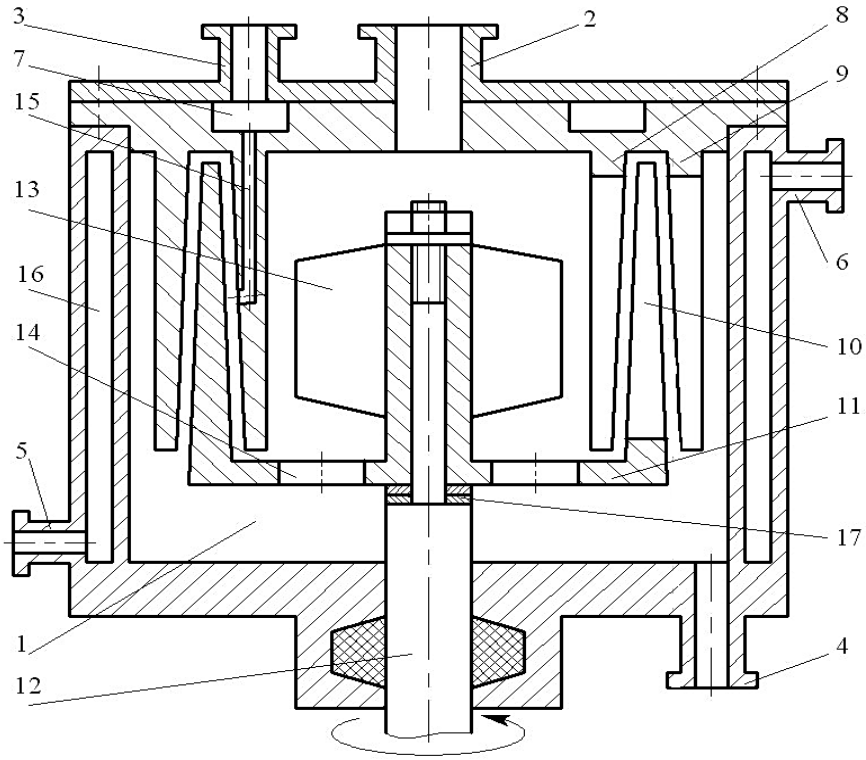


Рисунок 1 – Роторно-пульсационный аппарат:
1 – рабочая полость; 2 – штуцер входа обрабатываемого сырья;
3 – штуцер входа компонента с более легким удельным весом; 4 – штуцер выхода обработанного продукта; 5, 6 – штуцера входа и выхода теплоносителя; 7 – газовая камера;
8 – венец внутреннего статора; 9 – венец наружного статора; 10 – венец ротора; 11 – ступица ротора; 12 – вал; 13 – лопатки; 14 – отверстия в ступице ротора;
15 – каналы в статоре; 16 – тепловая рубашка; 17 – регулировочные шайбы

Технические параметры обработки суспензии выбраны таким образом, чтобы готовый хмелевой экстракт содержал максимальное количество изогумулона [12] – основного компонента горьких веществ охмеленного сусла, формирующегося при изомеризации гумулона (α-кислоты) хмеля во время кипячения. Затем данный хмелевой экстракт вносят в пивное сусло для его охмеления в процессе кипячения в две стадии: 50 % в момент закипания сусла и 50 % за 30 минут до конца кипячения.

Охмеление пивного сусла производят в следующем порядке. Проводят приготовление хмелевого экстракта. Для этого пивное сусло в количестве 0,8 л и гранулированный хмель массой 0,024 кг загружают в аппарат с рабочим объемом 1 л. Данная смесь обрабатывается в течение 3 мин при температуре 85 °С, частоте вращения ротора 3000 об/мин и межцилиндровом зазоре 0,3 мм. Жидкий поток проходит через зубья ротора и статора под действием центробежных сил. После чего во внешней рабочей области аппарата смесь попадает в его нижнюю часть, откуда за счет насосного эффекта проходит через отверстия в ступице ротора и снова направляется в активную зону обработки. Таким образом, образована внутренняя рециркуляция жидкости, вследствие чего объем среды обрабатывается многократно. В результате механических воздействий РПА на твердую фазу и значительной турбулентности среды происходит растворение гранул хмеля. В процессе перекрытия пазов ротора и статора возникают попеременно зоны сжимания и расширения, что приводит к возникновению пульсаций давления и скорости потока. В жидком потоке возникают области разрыва – кавитационные зоны, образующие пузырьки. Они схлопываются с силой в несколько сот атмосфер, в результате чего возникают ударные акустические волны и генерируются низкочастотные звуковые колебания (20 – 20 · 10^3 Гц). Колебания таких частот, как известно, являются наиболее эффективными для процессов диспергирования и экстракции. Многофакторное воздействие на обрабатываемую смесь увеличивает поверхность взаимодействия контактных фаз и приводит к интенсификации процесса извлечения горьких веществ из хмеля. Многократное колебание частиц твердой фазы в местах трения приводит к повышению температуры сусла, что увеличивает коэффициент внутренней диффузии. Для обеспечения требуемой температуры обрабатываемой жидкости в аппарате используется тепловая рубашка. Вместе с приготовлением хмелевого экстракта начинают кипятить пивное сусло в количестве 2,2 л. В момент закипания в него добавляют 0,4 л экстракта и кипятят в течение часа. Затем вносят оставшуюся часть – 0,4 л и продолжают кипячение еще 30 мин. Охмеление таким способом останавливает окисление горьких веществ хмеля и сохраняет вкус и аромат. После чего охмеленное пивное сусло поступает на гидроциклонный аппарат для фильтрации, затем на охлаждение.

Достижение положительного эффекта предложенного способа охмеления пивного сусла подтверждено его реализацией в лабораторных условиях. Содержание изогумулона в пивном сусле определялось методом, основанным на его экстракции из сусла изооктаном и установлении оптической плотности на спектрофотометре при длине волны 275 нм изооктанового экстракта. Количество полифенолов в сусле устанавливалось по методу Еруманиса, который основан на их реакции с лимоннокислым железом-аммонием в щелочной среде. Показатель полифенолов характеризует коллоидную стойкость пива и должен находиться в пределах 150–300 мг/л. Кроме того, через оптическую плотность также фиксировалось значение танинового показателя, который является высокомолекулярной фракцией белка – фракцией А в пиве и должен находиться в пределах 12–14 мг на 100 $см^3$. Большое количество фракции А говорит о нестабильном качестве пива и его пониженной стойкости в процессе хранения.

В качестве контрольного образца использовалось охмеленное сусло, приготовленное традиционным способом. Содержание изогумулона и полифенолов в хмелевом экстракте, приготовленном в РПА, составляет 56 мг/$дм^3$ и 260 мг/$дм^3$ соответственно. Их содержание в охмеленном сусле – 90 мг/$дм^3$ и 225 мг/$дм^3$. Таниновый показатель – 13,4 мг/$дм^3$. В контрольном образце, полученном традиционным способом, содержание изогумулона в охмеленном сусле – 65 мг/$дм^3$, полифенолов – 242 мг/$дм^3$, таниновый показатель – 13,8 мг/$дм^3$.

Таким образом, проведение процесса охмеления пивного сусла с применением хмелевого экстракта, приготовленного в РПА, позволяет увеличить содержание горьких веществ, по сравнению с известным традиционным способом, на 28 %. Процесс комплексообразования и осаждения белковых веществ пивного сусла увеличивается в результате наиболее полной экстракции полифенольных соединений, что в свою очередь

влечет лучшее его осветление и повышение коллоидной стойкости готового продукта. Таниновый показатель находится в допустимой норме.

Техническим результатом внедрения нового способа охмеления является более полная экстракция и изомеризация горьких веществ, а также извлечение полифенольных соединений хмеля. Экономическими аспектами изобретения является снижение расхода хмеля на 20–30 %, а также уменьшение энергозатрат вследствие сокращения длительности кипячения пивного сусла с хмелевым экстрактом на 30 мин.

Список литературы

1. Витенько, Т. Н. Массообмен при растворении твердых тел с использованием гидродинамических кавитационных устройств / Т. Н. Витенько, Я. М. Гумницкий // Теоретические основы химической технологии. – 2006. – Т. 40, № 6. – С. 639–644.

2. Интенсификация процесса экстрагирования в роторно-пульсационном аппарате новой конструкции / А. Н. Потапов [и др.] // Известия высших учебных заведений «Пищевая технология». – 2013. – № 1 (331). – С. 97–99.

3. Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 1: techniques and applications / C. Jiménez-Sánchez [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition. – 2017. – Vol. 57, № 3. – P. 501–523.

4. Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 2: effect on composition, phytochemical content, and physicochemical, rheological, and organoleptic properties of fruit juices / C. Jiménez-Sánchez [et al.] // Critical reviews in food science and nutrition. – 2017. – Vol. 57, № 3. – P. 637–652.

5. Совершенствование процесса затирания при производстве пива / В. А. Помозова [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 12 (75). – С. 191–196.

6. Сафонова, Е. А. Интенсификация технологических процессов производства пива при использовании роторно-пульсационного аппарата / Е. А. Сафонова, А. Н. Потапов, Е. А. Вагайцева // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 1. – С 74–81.

7. Gluten reduction in beer by hydrodynamic cavitation assisted brewing of barley malts / L. Albanese [et al.] // LWT - Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 82, № 1. – P. 342–353.

8. Albanese, L. Beer-brewing powered by controlled hydrodynamic cavitation: Theory and real-scale experiments / L. Albanese [et al.] // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 142, № 4. – P. 1457–1470.

9. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium ashei*) wine pomace / B. He [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 204. – P. 70–76.

10. Способ охмеления пивного сусла: пат. 2634870 Рос. Федерация: МПК С 12 С 3/12 (2006.01) / Бородулин Д. М., Сафонова Е. А., Иванец В. Н., Лапина Т. П., Миленький И. О. ; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет). – № 2016129114 ; заявл. 15.07.2016 ; опубл. 07.11.2017, Бюл. № 31.

11. Роторно-пульсационный аппарат: пат. 2190462 Рос. Федерация: МПК 7 В 01 F 7/28 / Иванец В. Н., Иванец Г. Е., Афанасьева М. М., Сафонова Е. А., Артемасов В. В. ; заявитель и патентообладатель Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет). – № 2000128253/12 ; заявл. 13.11.2000 ; опубл. 10.10.2002, Бюл. № 28.

12. Интенсификация процесса охмеления пивного сусла с применением роторно-пульсационного аппарата / Д. М. Бородулин [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2017. – № 4. – С. 3–12.

UDC 681.05

MATHEMATICAL PROCESS MODELING FOR THE MIXTURE-PRODUCING AGGREGATE

B. A. Fedosenkov
Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

The investigation object is the system including the feeding devices block, quantity and type of which are determined by the compounding of the making mixture composition; form-feeding and transporting unit (FFU) and continuous type mixing device (CTM). The dosers create input load action in the form of weight flow rate of the feeding flows, which are entered through the sum element and FFU and CTM. Mixture-producing aggregate with direct-flow transfer of the mixing materials and aggregates with the additional directional organization of the flows were used in our research.

The common structure-functional scheme of the mixture-producing aggregate is presented in the Fig. 1. The dosers form signals of the weight flow rates $X_{di}(t)$, $Q_{di}(t)$ – material mass is directed to the FFU and after that - to the CTM from the i-th dozer; SE – summing elements; CPC – co-parallel channel; LRC and GR – local recycle channel and global recycle (for material mixture transfer from the mixer output to the dosers block output). Recycles are used for the improvement of the final product quality in the mixture-producing processes, which reduce the mistakes and fluctuations of the flows from the dosing devices.

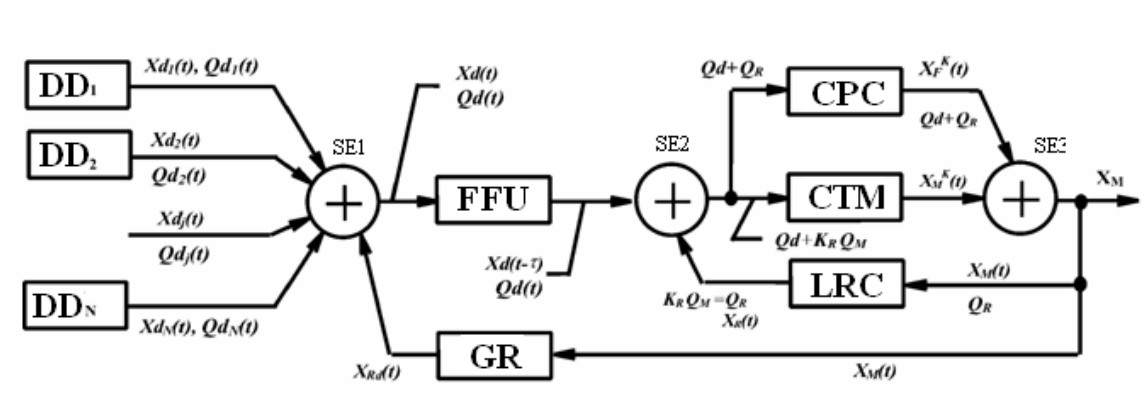


Figure 1 – Structure-functional scheme of the mixture producing aggregates

The structural MPA block-scheme (Fig. 2) was formed on the basis of the mathematical description of the mixture-producing process with using the transfer function means.

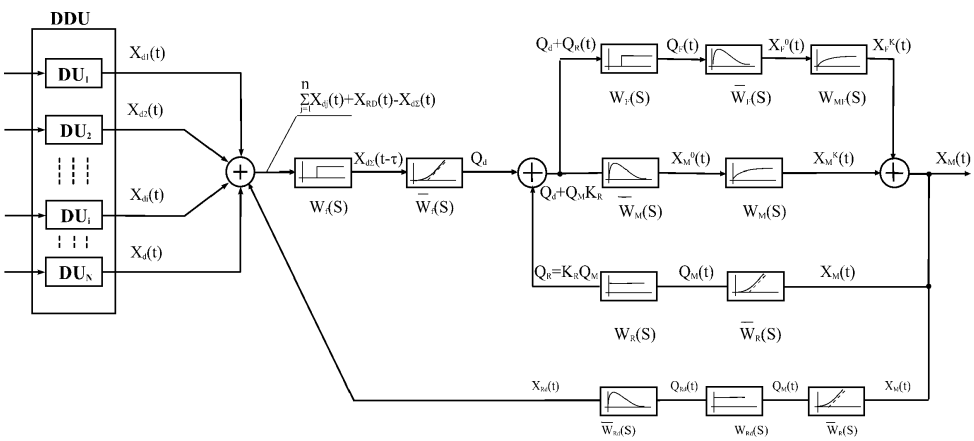


Figure 2 – Structural block-scheme of the MPA

Topological analysis method for the mixing system based on the signal graphs

Signal Mason's graph (Fig. 3) was formed based on the mathematical description [2, 4, 6, 7, 8, 9, 10] of mixture producing using the apparatus of transfer functions for the purpose of the digital computer simulation of the process.

Nodes and arcs are marked, the graph arcs operators are taken in the brackets. Operator's arcs correspond to certain elements for the transfer functions of the block structural scheme. So, $W_{dj}(s)$ is determine the system dosing devices; $W_f(s)$, $\overline{W}_f(s)$ - the transfer functions of the FFU; $W_M(s)$ and $\overline{W}_M(s)$ - the transfer function of the CTM's direct channel; $W_F(s)$, $\overline{W}_F(s)$ and $W_{MF}(s)$ - the transfer functions of the co-parallel channels; $W_R(s)$ and $\overline{W}_R(s)$ - the transfer function of the local circle recycle; $\overline{W}_R(s)$, $W_{Rd}(s)$ and $\overline{W}_{Rd}(s)$ - describe the external recycling channel "Mixer – Dosing device".

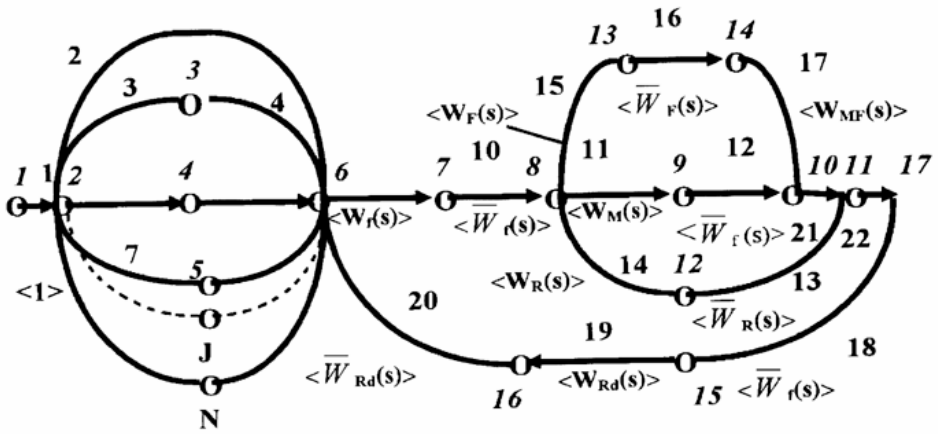


Figure 3 –The calculated signal graph of the mixing system

If the order of graph characteristic polynomial is > 40, it is divided into subgraphs, and the signal of the instant flow at the output of the CTM is determined by the principle of superposition. The topological analysis model of the dynamical systems is the base for MPA calculation. In accordance with this, the aggregate transfer function over an output signal of the unit 17 is determined as

$$W(s) = \sum_{i=\overline{i,r=N}} H_i(s)\Phi_i(s)/\Phi(s), \quad (1)$$

where $H_i(s), \Phi_i(s)$ - the transfer function of the i-th graph channel from the input to the output and degenerate i-th determinant of the graph.

$$\Phi(s) = 1 + \sum_{\varphi=\overline{1,p}} \sum_{l=\overline{1,r_\varphi}} (-1)^{\varphi} \cdot H_{\varphi l}(s), \quad (2)$$

where $H_{\varphi l}(s)$ - the transfer function multiplication for l-th combination from the φ discontiguous circles in an open condition; r_φ - the total combinations number.

Based on Figure 3, expressions (1) and (2), the system operators are:

$$\begin{cases} H_1(s) = \sum\limits_{j=\overline{1,N}} W_{dj}(s) W_f^o(s) W_M^o(s) \\ H_2(s) = \sum\limits_{j=\overline{1,N}} W_{dj}(s) W_f^o(s) W_F^o(s) W_{MF}(s) \\ H_{11}(s) = W_M^o(s) W_R^o(s) \\ H_{12}(s) = W_F^o(s) W_{MF}(s) W_R^o(s) \\ H_{13}(s) = W_f^o(s) W_M^o(s) \overline{W_R}(s) W_{Rd}^o(s) \\ H_{14}(s) = W_f^o(s) W_F^o(s) W_{MF}(s) \overline{W_R}(s) W_{Rd}^o(s) \end{cases}$$

$$W_S^o(s) = W_S(s) \overline{W_S}(s) \quad , \qquad (3)$$

where $S = f, F, M, R, R_d$; $W_S^o(s)$ and $\overline{W_S}(s)$ - are respectively: the type of zone or channels for the directed organizations of the material flow; the transfer function of the MPA constructive element with taking into account the transformation of the “flow rate – mass” dimension and transfer function of the virtual dimension transformation; *s* – the Laplace variable.

In particular, the transfer functions of all the component elements of the MPA are shown in the expression (3):

- The transfer functions $W_F(s)$, $\overline{W_F}(s)$ and $W_{MF}(s)$ form co-parallel channels;
- The transfer functions $W_M(s)$ and $\overline{W_M}(s)$ - form mixer direct way channel;
- The transfer functions $W_R(s)$ and $\overline{W_R}(s)$ - form local recycle channel;
- The transfer functions $\overline{W_R}(s)$, $W_{Rd}(s)$ and $\overline{W_{Rd}}(s)$ - form recycle channel “Mixer – SE1 output”;
- The transfer functions $W_f(s)$, $\overline{W_f}(s)$ - form feeding-forming unit;
- The transfer functions $W_{dj}(s)$ - forms dosing devices block.

There are 4 single closed circles in the scheme structure (Fig. 3), the transfer functions of which in the expression (3) are marked as $H_{11}(s)$, $H_{12}(s)$, $H_{13}(s)$ and $H_{14}(s)$. Here is the first index in the transfer function indicates the type of the loop combinations (single) and the second one is the number of single circuit in this combination.

The transfer functions of two existing channels in the MPA signal graph for the signal transfer from the unit 1 (system input) to the unit 17 (system output) are marked with the $H_1(s)$ and $H_2(s)$. Here the transfer function $H_1(s)$ is counted for the channel “Dosing device – transporter unit – mixer’s direct way channel”, and the transfer function $H_2(s)$ is counted for the channel “Dosing device – transporter unit – co-parallel channel of the mixer”.

It should be noted that four of the closed circuits are formed in accordance with the topology of a calculated graph:

- the first loop: arcs 11,12, 21, 13, and 14;
- the second loop: arcs 15,16,17,21,13 и 14;
- the third loop: arcs 9 (between 6 and 7),10, 11, 12, 21, 22, 18, 19, and 20;
- the fourth loop: arcs 9,10,15,16,17,21,22,18,19, и 20.

Determination of time and frequency characteristics for working modes of the MPA have been accomplished using various parameters of MPA’s parts produced with the help of relevant numerical algorithms and programs.

The research mentioned above has been used in various fields of food and food processing industries. Below is one of the examples where our researches have been used. One can note that all of the material flows in different points of the aggregate could be expressed – instead of one-dimensional signals – in the form of time-frequency multidimensional specific representations, i.e. so-called Cohen's class distributions [1, 3, 5].

Industrial system of multicomponent mixtures in the food industry

The main problem in solving this problem is to distribute the vitamin micro-quantity in the general mass of the dry material. Therefore, we used the problem of developing the hardware design process of making powdered vitamins B1, B2, PP, C in milk for children, dry mixes, powdered milk, etc. Thus, it was necessary to obtain high-quality mixtures of powders with the ratio of $1:10^5$. This can be achieved only by consistent dissolution a mixture in several devices. Doing so creates a mixture of good quality with components at a ratio of 1:100.

The centrifugal mixer was tested in the process of obtaining homogeneous mixtures of milk at a ratio of 1:100, 1:1000, with a purpose to further use them in our technological scheme of obtaining vitamins-in-them milk powders (Fig. 4).

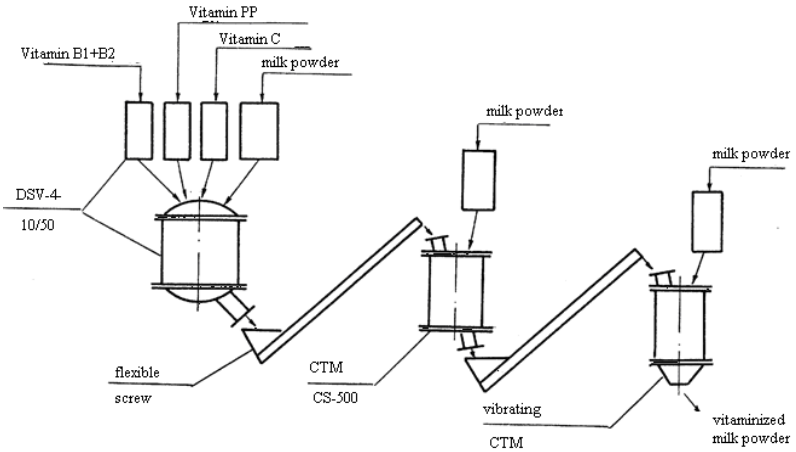


Figure 4 – Technological scheme for obtaining the milk powder with vitamins

References

1. Cohen, L. Time-Frequency Analysis / L. Cohen. – Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1995. – 299 p.
2. Kim, D. P. Teoriya avtomaticheskogo oupravleniya, vol 2 / D. P. Kim. – Moscow: Fizmatlit, 2004. – 464 p.
3. Daubechies, I. Ten Lectures on Wavelets / I. Daubechies. – Philadelphia PA: CBMS-NSF SIAM, 1992. – 357 p.
4. Fedosenkov, B. A. Avtomatizatsiya i sovremennyye tekhnologii: Avtomatizatsiya naouch-issledovatelskikh i proizvodstvennykh protsessov / B. A. Fedosenkov, A. S. Nazimov, A. V. Sheboukov. – 2004. – №8. – P. 7–13.
5. Choi, H. I. and Williams, W. J. IEEE Trans. Acoust., Speech, and Signal Proc. 1989. – Vol. 37. – № 6. – P. 862–871.
6. Luenberger, D. G. Information Science / D. G. Luenberger. – Princeton, NJ: Princeton University Press, 2014. – 448 p.
7. Diakonov, V. P. Matlab 6.5 SP1/7+Simulink 5/6 in mathematics and simulation / V. P. Diakonov. – M.: Solon, 2015. – 576 c.
8. Гудвин, Г. К. Проектирование систем управления / Г. Л. Гудвин, С. Ф. Гребе, М. Э. Сальгадо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014.
9. Sandryhaila and J. F. Moura. Discrete signal processing on graphs, IEEE Trans. on Signal Processing. – 2013. – Vol. 61. – P. 1644–1656.
10. Agaskar and Yue M. Lu. A Spectral Graph Uncertainty Principle, IEEE Trans. on Information Theory. – 2013. – Vol. 59. – P. 4338–4356.

УДК 661.534

НЕЧЕТКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИНТЕЗОМ АММИАКА

А. В. Чупин
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Современные высокотехнологичные процессы, направленные на получение конкурентоспособной продукции, отличаются большой сложностью, с одной стороны, и недостаточными знаниями о процессе – с другой, что зачастую не позволяет в полной мере использовать классические методы и законы управления в автоматизированных системах управления этими процессами. Достаточно часто в АСУ ТП такими технологическими процессами используются режимы «ручного» управления, когда технолог-оператор, используя современную распределенную микропроцессорную систему управления, «вручную» воздействует на исполнительные устройства автоматики, установленные на технологическом оборудовании. Эффективность управления такими сложными и недостаточно изученными технологическими процессами можно существенно повысить, если создать экспертную систему на основе имеющегося опыта «ручного» управления этими процессами. Одним из таких процессов является синтез аммиака в агрегатах типа АМ-70. Двухполочная колонна синтеза аммиака представляет собой сложный многосвязный объект управления. Эффективность процесса синтеза аммиака зависит от многих факторов, и в первую очередь, от распределения температуры по высоте колонны. Анализ источников [1, 2] показывает, что попытки создания автоматической многосвязной системы управления колонной синтеза аммиака, в большинстве случаев, не привели к желаемым результатам. Поэтому управление синтезом аммиака в большинстве случаев выполняется оператором в «ручном режиме» с помощью современных распределенных систем управления. Исходя из этого, для повышения эффективности управления колонной целесообразно использовать экспертную систему, аккумулирующую в себе знания, опыт, интуицию наиболее квалифицированных специалистов в области управления данным процессом.

Экспертная система – это автоматизированная система, имеющая признаки искусственного интеллекта, содержащая базу знаний с набором правил решения определенного круга задач, позволяющая на основании вводимых в нее данных о текущем состоянии объекта управления сформулировать рекомендации или варианты альтернативных рекомендаций по управлению данным объектом в сложившейся ситуации. Она способна получать, накапливать, корректировать знания, получаемые, преимущественно, от экспертов – ведущих специалистов в той области знаний, для которой эта система создается [3, 4].

Как было сказано ранее, процесс управления во многом завит от действий оператора-технолога, от его профессиональных навыков и опыта. Поэтому для решения задачи реализации автоматического управления температурным режимом колонны синтеза аммиака был выбран аппарат нечеткой логики, ведь он основывается на продукционных правилах, которые, в свою очередь, проектируются на основании экспертных оценок. Продукционные правила нечеткой логики близки по своей структуре со стилем мышления человека, что значительно упрощает управление сложными технологическими объектами [5, 6].

Системы нечеткого вывода предназначены для преобразования входных переменных процесса в выходные переменные на основе использования нечетких правил продукций. Для этого системы нечеткого вывода должны содержать базу правил нечетких продукций и реализовывать нечеткий вывод заключений на основе посылок или условий, представленных в форме нечетких лингвистических высказываний.

Формирование нечеткой системы управления может проводиться на основе концепции Мамдани [7] или концепции Сугено – Такаги [8]. Для реализации нечеткой системы управления температурным режимом колонны синтеза аммиака была выбрана концепция Сугено – Такаги. Построение нечеткой системы управления по концепции

Сугено – Такаги осуществлялось в несколько этапов. На первом этапе проводилось введение нечеткости (фазификация) входных переменных, т. е. определялось число термов каждой лингвистической переменной, выбирался вид функций принадлежности, определялись параметры этих функций.

Контроль температуры в двухполочной колонне синтеза аммиака осуществляется с помощью 12 датчиков (термопар), распределенных по колонне. Семь датчиков на первой полке (T601.1; T601.2; T601.3; T601.4; T601.5; T601.6; T601.7) и пять датчиков на второй полке (T601.8; T601.9; T601.10; T601.11; T601.12). Кроме этого, выполняется контроль температуры АВС на входе в колонну (T601) и аммиака на выходе из колонны (T603). Управление температурным режимом колонны осуществляется с помощью основного клапана HCV 606 и четырех байпасных клапанов (TVC601.1; TVC601.2; TVC601.3; TVC601.4). Как показал анализ работы колонны за достаточно длительный период времени, байпасные клапаны используются только в период пуска и останова колонны. Исходя из этого, в разрабатываемой системе нечеткого управления был использован только клапан HCV 606.

В базе данных АСУ ТП колонны синтеза аммиака регистрируются значения температуры во всех точках замера и все положения клапанов, которые менялись операторами в процессе управления колонной. На основе этих данных были сформирован массив информации, которая использовалась при создании нечеткой системы управления. При обработке этого массива данных были найдены минимальные и максимальные значения температур в каждой точке измерения, диапазон их изменения, средние значения температуры.

При формировании лингвистических переменных было задано количество термов каждой переменной (по пять термов):

– ON (очень низкая температура);
– N (низкая температура);
– OP (оптимальная температура);
– V (высокая температура);
– OV (очень высокая температура).

В качестве функций принадлежности была взята функция Гаусса. При определении параметров функций принадлежности использовался пакет Fuzzy Logic Toolbox системы «MatLab 7.0.1», в который вводился диапазон изменения каждой переменной.

Значения функции принадлежности лингвистической переменной вычислялись по выражению (1):

$$\mu_1 = \exp\left[-(T_1 - T_{мо1})^2/2б_1^2\right], \quad (1)$$

где T_1 – температура в месте установки термопары, °С;

$T_{мо1}$ – математическое ожидание соответствующего терма лингвистической переменной;

$б_1$ – среднее квадратичное отклонение функции принадлежности от математического ожидания соответствующего терма лингвистической переменной, °С.

В качестве примера приведены параметры лингвистической переменной T601.1 (табл. 1) и показан вид данной переменной (рис. 1).

В выражении (1) $б_1$ и $T_{мо1}$ являются постоянными величинами, приведенными в табл. 1. Исходя из этого, выражение (1) для каждой функции принадлежности лингвистической переменной будет иметь следующий вид:

$$\mu_{1NO} = \exp\left[-(T_1 - 418)^2/4{,}428\right],\ \mu_{1N} = \exp\left[-(T_1 - 421.6)^2/4{,}428\right],$$

$$\mu_{1OP} = \exp\left[-(T_1 - 425)^2/4{,}428\right],\ \mu_{1V} = \exp\left[-(T_1 - 428.6)^2/4{,}428\right],$$

$$\mu_{1OV} = \exp\left[-(T_1 - 432)^2/4{,}428\right].$$

Таблица 1 – Параметры функций принадлежности лингвистической переменной T601.1

Терм	Математическое ожидание	Среднее квадратичное отклонение
ON	418	1,488
N	421,6	1,488
OP	425	1,488
V	428,6	1,488
OV	432	1,488

Диапазон изменения температуры: 418–432 °С. Форма функций принадлежности – qaussmf.

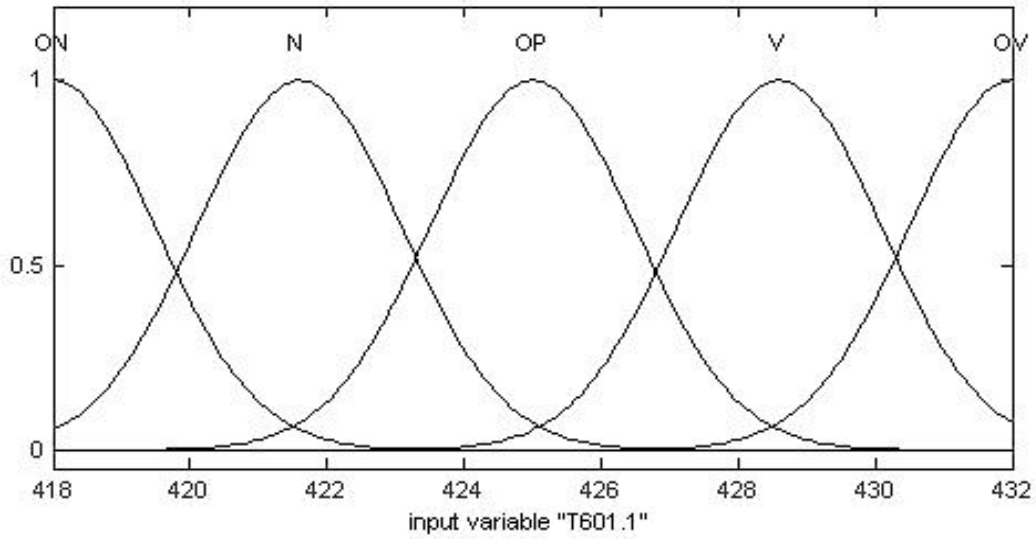


Рисунок 1 – Лингвистическая переменная T601.1

В табл. 2 и 3 приведены параметры функций принадлежности всех 12 лингвистических переменных, где j – номер переменной (термопары), а i – номер терма; j = 1, 2, ..., 11, 12; i меняется от 1 до 5. i = 1 – терм ON; 2 – N; 3 – OP; 4 – V; 5 – OV.

Таблица 2 – Математическое ожидание термов лингвистических переменных

j i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	418	365	390	474	505	490	509	379	388	451	463	464
2	421,6	373,7	394,1	484,4	508,8	496,8	512,3	386,8	393,1	457,9	466,6	467,9
3	425	382	398	494,5	512,5	503,5	515,5	394,5	398	464,5	470	471,5
4	428,6	390,7	402,1	504,9	516,3	510,3	518,8	402,3	403,1	471,4	473,6	475,4
5	432	399	406	515	520	517	522	410	408	478	477	479

Таблица 3 – Среднее квадратичное отклонение функций принадлежности (C_i) от математического ожидания термов лингвистических переменных

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C_i	1,488	3,614	1,701	4,355	1,595	2,871	1,381	3,294	2,126	2,87	1,488	1,594

В соответствии с концепцией Сугено и Такаги база знаний на начальном этапе разработки будет представлять собой набор продукционных логических правил, каждое из

которых имеет вид структурированного текста, включающего в себя набор условий, логических связок и заключений [9, 10]. Условная часть правила представляет собой сочетание термов лингвистических переменных (температур газа в соответствующих точках колонны), а заключительная часть – уравнение, связывающее искомое управляющее воздействие с технологическими переменными (температурами), на которые оно оказывает влияние.

При формальном подходе число различных сочетаний термов лингвистических переменных достигает очень большой величины. В разрабатываемой нечеткой системе при 12 лингвистических переменных и пяти термов в каждой из них число сочетаний будет равно 5^{12}. С таким количеством продукционных правил реализация системы, практически, невозможна. Поэтому при определении числа сочетаний термов лингвистических переменных было решено использовать массив ситуаций по управлению колонной синтеза аммиака, который регистрируется в базе данных истории АСУ ТП. Исходя из этого, был выполнен анализ данных эксплуатации существующей системы управления колонной синтеза аммиака за несколько месяцев, в результате которого был сформирован массив ситуаций, по управлению колонной, в котором температура в точках замера и положение клапана были представлены в абсолютных единицах. Данный массив включал в себя 31 ситуацию. На основе сформированных лингвистических переменных данный массив был преобразован в нечеткую форму в виде сочетания термов соответствующих лингвистических переменных. Для этой цели был разработан алгоритм и программа поиска типовых сочетаний термов, которые были использованы в условной части продукционных правил базы знаний.

Так как при управлении температурным режимом колонны синтеза аммиака технолог-оператор использует информацию, поступающую от всех 12 точек замера, то при формировании продукционных правил в нечеткую систему управления были включены все 12 лингвистических переменных. При этом условная и заключительная часть каждого правила включает в себя по 12 элементов. Каждый элемент заключительной части представляет собой произведение масштабного коэффициента на разность текущей температуры в соответствующей точке и математического ожидания терма ОР данной лингвистической переменной. Кроме этого, заключительная часть правила будет включать величину текущего положения клапана HCV606. Правило для первого типового режима показано в виде выражения 2.

Правило 1:

$$\text{ЕСЛИ } T1 = OP, \text{ и } T2 = OP, \text{ и } T3 = OP, \text{ и } T4 = V, \text{ и } T5 = V, \text{ и } T6 = V, \text{ и } T7 = V, \text{ и } T8 = OP,$$

$$\text{и } T9 = OV, \text{ и } T10 = V, \text{ и } T11 = V, \text{ и } T12 = V, \text{ ТО } U = Ut + a1\,(T1_{OP} - T1) + a2\,(T2_{OP} - T2) +$$

$$+ a3\,(T3_{OP} - T3) + a4\,(T4_{OP} - T4) + a5\,(T5_{OP} - T5) + a6\,(T6_{OP} - T6) + a7\,(T7_{OP} - T7) +$$

$$+ a8\,(T8_{OP} - T8) + a9\,(T9_{OP} - T9) + a10\,(T10_{OP} - T10) + a11\,(T11_{OP} - T11) +$$

$$+ a12\,(T12_{OP} - T12), \qquad (2)$$

где T1,...,T12 – текущее значение температуры в соответствующей точке, °С;

$T1_{OP}$, ..., $T12_{OP}$ – математическое ожидание функции принадлежности терма ОР соответствующей лингвистической переменной;

Ut – исходное положение (текущее) положение клапана HCV 606;

a1,..., a12 – постоянные (масштабные) коэффициенты.

Математическое ожидание функции принадлежности терма ОР лингвистических переменных равен среднему значению диапазона изменения температуры в соответствующих точках колонны синтеза аммиака (месте установки термопары). Так как в технологическом регламенте отсутствует заданное значение температуры в указанных

точках замера, то в качестве «задания», к которому должен стремиться оператор при управлении колонной, выбрано среднее значение диапазона изменения температуры.

Масштабные коэффициенты (a1,..., a12) выражения (2) определяют степень влияния каждой точки замера температуры на приращение (изменение) положения клапана. Поиск масштабных коэффициентов выполнялся в следующей последовательности.

1) Определялось опорное значение постоянного коэффициента заключительной части продукционного правила по выражению (3) (величина коэффициента будет одинакова для всех слагаемых).

$$a = \Delta U/[(T1_{OP} - T1) + (T2_{OP} - T2) + \ldots + (T12_{OP} - T12)]; \quad (3)$$

где ΔU – изменение (приращение) клапана HCV606, которое сделал оператор.

2) Определялись исходные значения постоянных коэффициентов заключительной части первого продукционного правила путем умножения опорного значения коэффициента на соответствующие коэффициенты коррекции, которые находились в зависимости от диапазона изменения температуры в каждой измеряемой точке.

3) Выполнялось программное уточнение постоянных коэффициентов исходя из минимума расхождения между управляющим воздействием выбранным оператором и полученным с помощью нечеткой экспертной системы.

Основной задачей управления температурным режимом колонны синтеза аммиака в условиях нормальной эксплуатации (исключая режим пуска и останова колонны) является выбор такого положения клапана HCV606, который обеспечит «заданное» значение температуры в точках контроля.

Анализ данных эксплуатации колонны показывает, что оператор начинает менять положение клапана, когда температура в точках контроля изменится на два (или более) градусов Цельсия.

Исходя из этого, в нечеткой системе управления поиск (расчет) нового положения клапана будет осуществляться при изменении температуры в любой точке контроля на два (или более) градусов (разность текущей температуры и температуры при последнем расчете положения клапана).

В соответствии с данным положением алгоритм нечеткого управления температурным режимом колонны синтеза аммиака будет включать в себя следующие этапы:

1) Непрерывное вычисление разности температуры в точках контроля между текущими значениями и значениями при последнем изменении положения клапана. При этом значения температуры, которые были при последнем изменении клапана, запоминаются и через заданный интервал времени (20 секунд) из них вычитаются текущие значения температуры в каждой точке.

2) Проверка условия: $\Delta T_i \geq 2$ °C, при i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12.

3) При выполнении условия, указанного в п. 2, хотя бы в одной точке начинается процедура поиска приращения положения клапана HCV606, при этом текущие значения температуры поступают в качестве исходных данных в программу расчета его нового положения.

4) По выражению (1) рассчитываются значения функции принадлежности для термов всех лингвистических переменных.

5) Определяются термы, у которых функция принадлежности будет больше 0,5 и из полученных результатов формируется нечеткая форма записи температуры в каждой контролируемой точке.

6) Нечеткая форма записи температуры в контролируемых точках является аналогом условной части продукционного правила, которое надо сравнить с продукционными правилами типовых температурных режимов колонны и выбрать типовой режим, который будет совпадать с текущим режимом (или быть близким к нему).

7) Используя заключительную часть продукционного правила типового режима, у которого совпала условная часть правила, рассчитать приращение положения клапана HCV606 и, прибавив это приращение к текущему положению клапана, вывести его на экран монитора оператора (или сформировать сигнал контроллеру, управляющему данным клапаном).

Список литературы

1. Кудряшов, В. С. Учет нелинейности при синтезе многосвязной цифровой системы управления процессом получения аммиака / В. С. Кудряшов, С. В. Рязанцев, А. В. Иванов // Системы управления и информационные технологии. – 2008. – № 1.2 (31). – С. 232–236.

2. Метод моделирования многосвязной цифровой системы управления процессом синтеза аммиака / В. С. Кудряшов [и др.] // Вестник ТГТУ. – 2017. – Т. 23, № 4. – С. 572–580.

3. Мешалкин, В. П. Экспертные системы в химической технологии / В. П. Мешалкин. – М. : Химия, 1995. – 386 с.

4. Ориент Микс. Методология построения экспертных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.StudFiles. net/preview/5626974.

5. Полковникова, Н. А. Разработка модели экспертной системы на основе нечеткой логики / Н. А. Полковникова, В. М. Курейчик. – 2012. – 23 с.

6. Чивиков, Д. А. Методика объединения экспертной системы и системы имитационного моделирования / Д. А. Чивиков // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2017. – № 3. – С. 11–18.

7. Mamdani, E. H. Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis / E. H. Mamdani // IEEE Transactions on Computers. – 1977. – Vol. 26, № 12. – P. 1982–1191.

8. Takagi, T. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control / T. Takagi, M. Sugeno // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1985. – Vol. 15, № 1. – P. 116–132.

9. Абрахам, А. Основанные на правилах экспертные системы / А. Абрахам, П. Н. Семченко // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2014. – Т. 5, № 4. – С. 1249–1266.

10. Еремина, В. В. Проектирование экспертной системы диагностики на базе нечеткой логики / В. В. Еремина, Ю. А. Горожанина // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – 2017. – № 6 (74).

УДК 664.6/.7

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА СЕМЯН АМАРАНТА

Н. А. Шмалько*, С. О. Смирнов**
*Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия
**Научно-исследовательский институт пищеконцентратной промышленности и специальной пищевой технологии, п. Измайлово, Московская область, Россия

Семянка амаранта представляет собой зерновку округлой формы, содержащая крахмалистое ядро, зародыш в виде подковы и оболочку, что обуславливает её механическое разделение на анатомические части по одной или нескольким границам с большей или меньшей чёткостью для дальнейшего целевого промышленного использования [1].

Целевым продуктом комплексной переработки семян амаранта является масло, для извлечения которого предложены различные способы. Например, применение в качестве растворителя сверхкритического углекислого газа предусматривает обработку измельчённых семян амаранта при вводе экстрагента в техническую ёмкость (котел) в течение 100-250 мин при заданных параметрах температуры и давления: соответственно от 30÷40 °С и 30÷40 МПа. Выход масла из семян амаранта колеблется от 80,0 % до 95,0 % масла (*пат. CN 101659900 A, 03.03.2010*).

Прямое экстрагирование сырья низкокипящим углеводородным растворителем предусматривает разделение твёрдой фазы и экстрагента фильтрацией или центрифугированием, а также отделение масла от растворителя испарением последнего. В процессе сырьё предварительно высушивают до содержания влаги 8,0÷10,0 масс.%, и перед операцией экстрагирования его поверхностный слой подвергают кратковременному нагреву на протяжении 2-4 мин до температуры 140÷160 °С, в качестве низкокипящего растворителя используя н-гексан (*пат. UA 15120 U, 15.06.2006*).

Предложены оригинальные способ и устройство для извлечения масла из зерновых материалов (рисовые отруби, молотое зерно пшеницы, рапс, амарант и т.п.). Устройство для извлечения масла включает горизонтально расширяющийся герметичный контейнер, имеющий входной конец и выходной конец, горизонтально расширяющуюся пористую «бесконечную» ленту, расположенную в указанном контейнере и имеющую верхнюю и нижнюю трассы, привод ленты для непрерывного перемещения верхней трассы от ближней части входного конца к ближней части выходного конца, парогенератор для экстракции масла, конденсатор для сбора отработанного пара, выходное отверстие из контейнера для удаления остатков зерновых материалов, использованных для получения масла, и выходное отверстие для масла (*пат. US 5620728 A, 15.04.1997*).

Описан процесс стабилизации масла, полученного из зерновых материалов (рисовые отруби, молотое зерно пшеницы, рапс, амарант и т.п.), включающий повышение пористости зерновки, выделение из неё масла при контакте с растворителем, подаваемого в виде пара, и разделения полученной композиции масла и растворителя на фракции с различным содержанием жирных кислот. Способ может быть использован для удаления масла из ранее обработанных семян при применении малоэффективных методов экстрагирования, или из пищевых продуктов, полученных на основе зерна, таких как чипсы, крекеры и лапша (*пат. WO 9400541 A1, 06.01.1994*).

Для извлечения крахмала из семян амаранта предусматривается замачивание сырья, его помол, выделение оболочек из измельчённой массы, получение суспензии крахмала и её очистка от белков путём обработки растворами хлористого натрия и едкого натра с последующим центрифугированием. В данном способе замачивание сырья проводят до влагосодержания в семянке 15÷20 % от её веса с отволаживанием в течение 4,0÷6,0 ч. Далее осуществляют сушку замоченного сырья до достижения влажности 10÷12 %, при этом выделение оболочек из измельчённой массы зерна осуществляют путём отбора фракции с размером частиц 10÷100 мкм, приготовления водной суспензии из этих частиц с выдержкой

её по крайней мере в течение 1 ч и последующего центрифугирования (*пат. RU 2175658 C1, 10.11.2001*).

Выделение из семян амаранта анатомических фракций, состоящих из оболочек и зародыша, при измельчении сырья и последующего разделения измельчённой массы на перидермовую и обогащенную маслом фракции описано в источнике [2]. Принципиально такое разделение возможно произвести на типовом мельничном оборудовании с просеиванием. После экстракции масла полученный шрот может быть переработан в обезжиренную амарантовую муку, используемую в качестве источника протеина и крахмала.

В способе предусмотрено применение устройства, содержащего первые вальцы, имеющие приблизительно равные или разные скорости вращения, причём один валец имеет гладкую или приблизительно гладкую наружную поверхность, а другой валец − рифлёную наружную поверхность. Расположенная за ней пара вальцов выполнена рифленой и имеет разные скорости вращения вальцов. После одной из систем вальцов, следующих за этой парой вальцов, устанавливается устройство для обработки продукта на одной режущей мельнице. На предпоследней вальцовой системе вальцы имеют рифления со срезанными вершинами, а на последней системе вальцы выполнены с гладкой, или приблизительно с гладкой, наружной поверхностью и имеют разные скорости вращения.

Получение масла из семян амаранта (*пат. RU 2131913 C1, 20.06.1999*) предусматривает вначале лепесткование сырья в количестве 2000 кг, экстрагирование в одну ступень 1300 кг рафинолем и отжим полученного масла с параметрами: содержание сквалена − 6,96÷ 8,01 %, олеиновой кислоты – 24,0 %, линолевой кислоты – 50,0 %, кислотное число − 5 мг КОН/г не более, влажность − не более 0,15 %. Способ предусматривает подбор и взаимосвязь вида экстрагента и условия экстракции.

Способ переработки семян амаранта с извлечением масла, получением белковой и крахмальной фракций, включает очистку и измельчение сырья, разделение продуктов измельчения на фракции. Измельчение семян производят на дробилке молоткового типа с формирующими каналами, полученную измельчённую смесь просеивают с разделением крахмальной фракции, смеси зародышей и оболочек семянок амаранта. Сушку смеси ведут при температуре не выше 35 °С, после чего осуществляют холодное проходное прессование смеси зародышей и оболочек семян амаранта при температуре не выше 40 °С. Полученное масло отстаивают и подают на фильтрацию, жмых холодного проходного прессования смешивают с масляным отстоем и подвергают второму прессованию с выделением масла и жмыха в виде зародышевых хлопьев в качестве белковой фракции, затем последнюю измельчают и добавляют в корм для птицы (*пат. RU 2209233 C1, 27.07.2003*).

Альтернативный способ переработки семян амаранта включает их очистку, измельчение, разделение полученной смеси частиц на фракции, извлечение масла из фракции зародышей, и отличается от предыдущего тем, что разделение смеси частиц измельчённых семян на фракции производят двумя последовательными этапами: вначале решетом с диаметром отверстий 0,8 мм выделяют из смеси и отводят в сборник крахмальную фракцию, имеющую частицы размером более 0,8 мм, затем оставшуюся часть смеси решетом с диаметром отверстий 0,5 мм разделяют на фракцию оболочек, имеющую частицы размером более 0,5 мм, и на фракцию зародышей, имеющую частицы размером менее 0,5 мм, после чего из фракции зародышей прессованием или экстракцией извлекают масло.

Решета при разделении частиц измельчённых семян на фракции поддувают снизу потоком газа, парусный напор которого устанавливают не превышающим силу гравитации падающих через отверстия решёт зародышей семян. Масло очищают от декантата (остатков крахмальной фракции и фракции оболочек), нагретым не выше 80° С коагулянтом, который вводят в нагретое не выше 80° С масло в количестве, равном количеству ожидаемого декантата, перемешивают смесь до выпадения декантата в осадок (например, в течение 3-5 мин), и выпавший в осадок декантат отводят в сборник.

В качестве коагулянта используют 0,2÷0,4 %-ный водный раствор хлористого натрия, или хлористого кальция, или магния серно-кислого, или сахара, или их смесей в требуемой,

например, равной пропорции. Фракцию зародышей при прессовании нагревают до температуры не выше плюс 80° С обдувом горячим газом. Нагретые при прессовании и (или) очистке масло, жмых, декантат охлаждают до температуры не выше 20 °С обдувом холодного газа. В декантат, шрот, крахмальную и оболочковую фракции, измельчённую массу семян (в их смесь или отдельно в каждую фракцию) вводят вкусовые и привлекающие ингредиенты, например сахар, сироп, соль, ароматизирующие вещества, красители, и изготавливают из них хлебобулочные, макаронные, кондитерские и другие изделия, принципиальная возможность чего доказана в технической литературе [3, 4, 5, 6].

В декантат, шрот, крахмальную и оболочковую фракции, измельчённую массу семян (в их смесь или отдельно в каждую фракцию) вводят питательные и (или) лечебные ингредиенты, например, биологически активные вещества, витамины, микроэлементы, антибиотики, вещества с лечебным, профилактическим, биостимулирующим действием, и изготавливают из них общеукрепляющие и (или) лечебные препараты (*пат. RU 2007113894 A, 20.10.2008, пат. RU 2363724 C2, 10.08.2009*) для изготовления нутрицевтиков [7].

Усовершенствованный способ переработки семян амаранта с извлечением масла, получением белкового и крахмального продуктов, включает накопление и промежуточное хранение зародышей, их подготовку, сушку, холодное проходное прессование (первое прессование), очистку масла, введение масляного отстоя от очистки в жмых первого прессования, второе прессование, расфасовку масла, измельчение и расфасовку жмыха (зародышевых хлопьев). Отличие заключается в использовании зародышей семян амаранта, полученных на дробилке молоткового типа с формирующими каналами, проведении сушки сырья в щадящем режиме при температуре до 35° С, прессовании при температуре не выше 40 °С (*пат. RU 2002119680, 27.03.2004*). Продукты измельчения молотковой дробилки можно рекомендовать в кормопроизводстве [8].

К известным в мире экстракционным методам получения масла из семян амаранта [9] можно добавить и отечественные. Так, предложен способ получения лечебного масла из семян амаранта, в котором измельчённое сырьё экстрагируют рафинированным дезодорированным растительным маслом при температуре 50÷60 °С в течение 36-72 ч при соотношении сырья к маслу 0,6−1,0, а затем из проэкстрагированного материала отжимают масло (*пат. RU 2131913 C1, 20.06.1999*). Способ получения масла из семян амаранта, включающий прямую экстракцию гексаном с последующим отгоном растворителя в вакууме, отличается от остальных способов тем, что экстракцию масла ведут в среде углекислого газа с отгонкой растворителя в вакууме при давлении 0,8−0,9 kgf/см^2 или 9,81−19,62 кПа при температуре не выше 40 °С и барботировании мисцеллы углекислым газом, а остатки растворителя удаляют азеотропной отгонкой с этанолом в прежнем режиме (*пат. RU 94044961 A1, 20.07.1996, пат. RU 2080360 C1, 27.05.1997*).

Оригинальным техническим решением является способ переработки семян амаранта путём проведения помола, для которого проводят очистку семянок, их увлажнение и отволаживание, пропускание между гладкими вальцами для обеспечения плющения ядра, разрыва оболочек и зародыша с нарушением связей между ними и между зародышем и ядром с целью частичного выкрошивания зародыша. Полученный продукт последовательно пропускают между вращающимися с различными скоростями шероховатыми вальцами, которые установлены последовательно и образуют собой вальцовые системы для обеспечения на каждой из них одновременного плющения ядра, шелушения оболочек и размола зародыша с отделением его от ядра, а также сортировку на установленных после каждой вальцевой системы ситах, входящих в системы. На всех этапах сортировки выделяют крупку зародышевую, смесь зародышевой и отрубянистой мучки, а на последнем этапе выделяют хлопья перисперма, из которых путём размола получают крахмалистую муку.

Способ представлен технологической линией, содержащей бункер с магнитным аппаратом для отволаживания в нём очищенных и увлажнённых семян амаранта, который сообщён с вальцовым станком, под вальцами которого предусмотрена установка сит для выделения при помоле крупки зародышевой, её смеси и отрубянистой мучки, при этом

станок и сита образуют собой систему помола, последовательно которой установлена аналогичная вторая система помола, а также третья система помола (*пат. RU 2251455 C2, 10.05.2005*).

Предложены ресурсосберегающий способ переработки семян амаранта и технологическая линия для его осуществления, включающие очистку сырья от примесей, сушку до влажности 12 %, отделение масла, прессование жмыха, его измельчение и заливку полученного измельчённого материала растительным рафинированным дезодорированным маслом в соотношении жмых:масло 1:0,6÷1:1. В способе экстракцию масла осуществляют в два этапа, проводя вначале предварительную экстракцию при температуре 323÷328 К, затем окончательную экстракцию путём отстоя смеси амарантового жмыха и растительного дезодорированного масла в течение 48 ч. Технологическая линия переработки семян амаранта включает накопительный бункер для временного хранения влажных засорённых семянок, установку для очистки, сушилку, буферную ёмкость для хранения высушенных семянок, шнековый пресс, буферную ёмкость для хранения масла, измельчитель жмыха, экстрактор, ёмкости для выстойки смеси измельчённого амарантового жмыха и растительного масла (*пат. RU 2426773 C1, 20.08.2011*).

Недостатком такого способа и линии является то, что способ является трудоёмким в случае применения более глубокой переработки семян амаранта. Имеется в виду та часть способа, в результате осуществления которого могут быть получены несколько продуктов переработки (мука, масло, отруби), при этом в случае получения указанных продуктов на технологической линии для реализации способа требуется использование ручного труда, что связано с повышением себестоимости получаемых продуктов.

Нами предлагается способ комплексной переработки семян амаранта, включающий очистку, увлажнение и отволаживание семянок в виде зерновой массы, её «анатомическое» разделение при размоле на компоненты путём плющения зерновок, шелушения их оболочек, отделения зародышей от их ядер, сортировку продуктов размола ситами с выделением на всех этапах сортировки крупки зародышевой и отрубянистой мучки, на последнем этапе хлопьев перисперма. Отличительной особенностью указанного способа от аналогов (*пат. RU 2251455 C2, 10.05.2005, пат. RU 2533006 CL, 20.11.2014*), включающих «анатомический размол» семян амаранта является то, что продукт плющения (лепесткования) − зародышевая крупка выходом 35,0 %, получаемая из очищенной и подготовленной зерновой массы, подвергается сверхкритической экстракции [10] для извлечения масляного экстракта с высокой биологической активностью, после чего подвергается специальной обработке.

После обезжиривания зародышевую крупку перерабатывают на минимельницах типа У1-МСП-1, У1-МСП-2 или на размоло-сортирующих агрегатах типа У1-РСА-5 производительностью (100÷400) кг/ч. Размол сырья осуществляют на одной драной и четырёх размольных системах. Нижние проходы со всех систем объединяют и направляют в бункер готовой продукции «мука амарантовая белковая обезжиренная». Верхний и нижний сход I др.с. объединяют и направляют на 1 р.с., нижний сход 1 р.с. → на 2 р.с., нижний сход 2 р.с. → на 3 р.с., нижний сход 3 р.с. → на 4 р.с., верхние схода 1;2;3 и 4 размольных систем и нижний сход 4 р.с., объединяют и направляют в бункер готовой продукции «отруби амарантовые белковые обезжиренные».

В дополнении к указанным продуктам предложена принципиальная установка получения белковой амарантовой муки и концентрата из продукта размола обезжиренной зародышевой крупки − высокобелковой амарантовой муки (Рис.1).

Размол сырья осуществляют по схеме, включающей стадию обогащения на центробежно-осевом роторном пневмоклассификаторе. Предельное количество пропусков муки через пневмоклассификатор должно быть не более трёх, при этом содержание белка в мелкой (лёгкой) фракции увеличивается в (1,5÷2,0) раза по отношению к исходной муке. Производительность установки (55÷58) кг/ч (1-й пропуск) и (72÷74) кг/ч (2-й, -3-й пропуск). Скорость уноса частиц в аппарате – в пределах (1,0÷1,5) м/с при окружной скорости ротора 70 м/с. Лабораторная установка состоит из аппарата (1), бункера (2), вибропитателя (3),

коробов для сбора продуктов (4), фильтра с коробом (5), вентилятора (6) и материалопроводов (7). Составные части установки объединены в три блока: блок питания, состоящий из бункера и вибропитателя; блок аппарата, включающий аппарат и короба для сбора продуктов; пневмотранспортный блок, в который включены вентилятор, фильтр и материалопроводы.

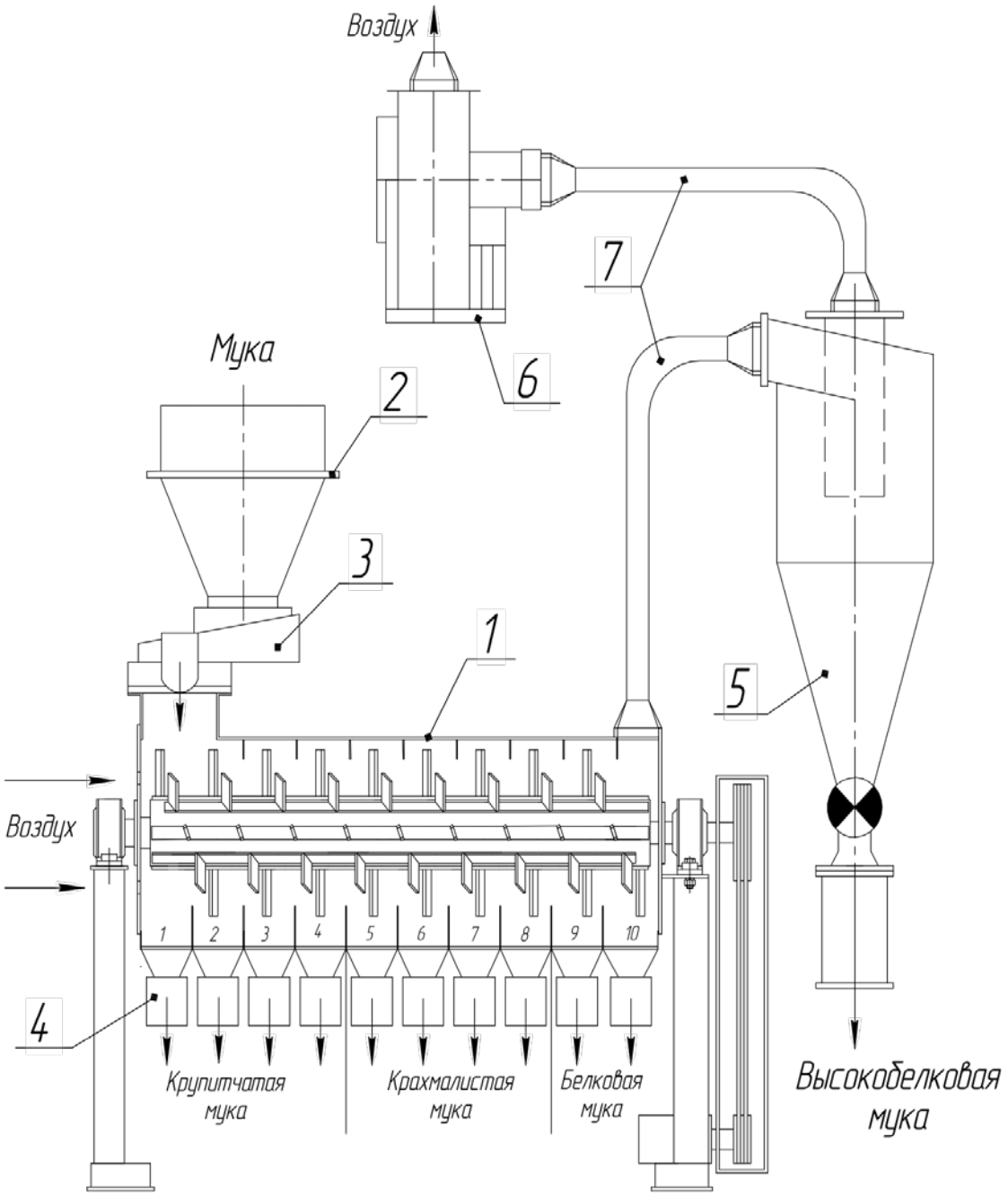


Рисунок 1 – Принципиальная установка получения белковой амарантовой муки и концентрата из высокобелковой амарантовой муки

Принцип действия схемы следующий: исходная смесь, представляющая собой амарантовую муку заданной крупности, загружается в приёмный бункер (2) ёмкостью 50 кг. Мука содержит частицы белка размером до 20 мкм, частицы крахмала от 20 до 40 мкм и частицы конгломератов размером более 40 мкм. С включением вентилятора (6) и вибропитателя (3) исходный продукт с воздухом по материалопроводу поступает через приёмный патрубок внутрь цилиндра (1), где происходит разделение частиц муки друг от

друга на основе различия аэродинамических свойств. Частицы конгломератов, обладая большими размерами, остаются внутри цилиндра, перемещаются по его поверхности в нижнюю часть и выводятся через патрубки в сборные короба (4). Частицы белка и крахмала проходят дальше по цилиндру (1), в котором происходит их разделение. Частицы крахмала, как более тяжёлые, попадают в патрубки и выводятся из аппарата в сборные короба (4) с первого по десятый в виде мелкой тяжелой фракции. Частицы белка, как более легкие, уносятся воздухом из аппарата (1) по материалопроводу (7), попадают в фильтр (5), где отделяются от воздуха и собираются в сборном коробе в виде мелкой легкой фракции.

Таким образом, при помощи центробежно-осевого роторного пневмоклассификатора можно получить десять промежуточных фракций и одну основную (относы циклона). Промежуточные фракции распределяют в зависимости от их качества: из 1-10 фракции формируют амарантовую высокобелковую муку, а из относов – белковый концентрат. Проектируемые нормы выхода вырабатываемых продуктов представлены в табл. 1, пищевая ценность – в табл. 2.

Таблица 1 − Нормы выхода вырабатываемых продуктов

№ пп	Наименование продукта	Выход, % к исходному продукту	Исходный продукт, по отношению к которому производится расчёт выхода
1	Масло амарантовое	7-15	Крупка зародышевая нативная
2	Крупка зародышевая обезжиренная	–	Крупка зародышевая нативная
3	Мука амарантовая высокобелковая	85-90	Крупка зародышевая обезжиренная
4	Отруби амарантовые белковые	10-15	Крупка зародышевая обезжиренная
5	Мука амарантовая белковая	65-70	Мука амарантовая высокобелковая
6	Концентрат белковый амарантовый	30-35	Мука амарантовая высокобелковая

Таблица 2 − Сведения о пищевой ценности вырабатываемых продуктов

	Наименование продукта	Белки	Жиры	Крахмал	Клетчатка	Зола	Энергетическая ценность
		грамм в 100 г продукта					ккал
1	Крупка зародышевая обезжиренная	38,8	3,8	13,1	3,7	4,4	270,2
2	Мука амарантовая высокобелковая	41,4	12,2	13,5	3,4	4,3	360,2
3	Отруби амарантовые белковые	21,7	5,3	7,8	20,3	7,1	275,3
4	Мука амарантовая белковая	20,2	3,1	16,7	3,2	3,8	203,5
5	Концентрат белковый	62,8	4,8	7,2	4,6	5,5	363,6

Учитывая вышеизложенное, пришли к выводу о целесообразности проведения комплексной переработки семян амаранта с учётом современных экономически оправданных

технических решений, основанных на представлениях о специфическом анатомическом строении семянки (зерновки) амаранта. При комплексной обработке зерна амаранта следует уделять внимание его предварительной подготовке, включая мероприятия по формированию зерновой массы. Результатом предлагаемого способа явилось обезжиривание зародыша в виде крупки с целью получения из неё масляного экстракта и высокобелковых видов сырья, перспективных в пищевом отношении.

Список литературы

1. Agronomic, chemical, and antioxidant characterization of grain amaranths growth in a mediterranean environment / F. Gresta [et al.] // Crop science. – 2017. − Vol. 57. − No. 5. − P. 2688–2698.

2. Ключкин, В. В. Основные направления переработки и использования пищевых продуктов из люпина и амаранта / В. В. Ключкин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1997. – № 9. – С. 31.

3. Дегтярева, И. А. Амарант – источник новых пищевых и кормовых добавок / И. А. Дегтярева, Г. А. Гасимова // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2015. – № 223. – С. 58–61.

4. Инновационные технологии производства хлебобулочных и мучных кондитерских изделий в условиях импортозамещения / В. Л. Чешинский [и др.] // Хлебопродукты. – 2017. − № 6. − С. 42–45.

5. Росляков, Ю. Ф. Научные разработки для хлебопекарной и кондитерской промышленности / Ю. Ф. Росляков, О. Л. Вершинина, В. В. Гончар // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. – 2016. – № 14. – С. 350–360.

6. Использование измельченного зерна амаранта *Amaranthus albus* L. и *Amaranthus paniculatus* в технологии мясных продуктов / Н. С. Ружило, А. А. Юферова, Т. Н. Слуцкая, Р. И. Живчикова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2015. – № 7. – С. 20–23.

7. Rastogi, A. Amaranth: a new millennium crop of nutraceutical values / A. Rastogi, S. Shukla // Critical reviews in food science and nutrition. – 2013. – Vol. 53. – No. 2. – pp. 109–125.

8. Longato, E. The effect of *Amaranthus caudatus* supplementation to diets containing linsed oil on oxidative status, blood serum metabolites, growth performance and meat quality characteristics in broilers / E. Longato, G. Meineri, P.G. Petretti // Animal science papers and reports. – 2017. – Vol. 35. – No. 1. – P. 71–86.

9. Extraction methods of *Amarantus sp.* grain oil isolation / J. Krulj [et al.] // Journal of the science of food and agriculture. – 2016. – P. 3552–3558.

10. Kraujalis, P. Optimisation of supercritical carbon dioxide extraction of amaranth seeds by response surface methodology and characterization of extracts isolated from different plant cultivars / P. Kraujalis, P. R. Venskutonis // The journal of supercritical fluids. – 2013. – Vol. 73. – P. 80–86.

УДК 663.3

СООТНОШЕНИЕ ПРОДУКТОВ БРОЖЕНИЯ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПОДЛИННОСТИ СТОЛОВЫХ ВИН

Н. С. Аникина, Н. В. Гниломедова
Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, г. Ялта, Россия

Аннотация. Для оценки качества и подтверждения подлинности вин используются расчетные показатели содержания различных компонентов. Одним из таких показателей является глицериновый фактор, который представляет собой соотношение глицерина и этилового спирта, как основных продуктов брожения при производстве столовых сухих вин. Запрещенные манипуляции с составом вина (разбавление водой; добавка глицерина или спирта) приводит к отклонению значений данного показателя от установленных значений (8-10). Объектами исследований являлись виноматериалы, выработанные в условиях микровиноделия и производства из винограда, возделываемого в Крыму; отечественные и зарубежные вина; фальсифицированные вина, заявленные как "столовое сухое". Установлено, что диапазон глицеринового фактора для подлинных столовых сухих вин значительно шире предложенного ранее и составляет для белых образцов – 5,5-10,3 и для красных – 6,3-12,2.

Этиловый спирт и глицерин являются продуктами обмена веществ дрожжей *Saccharomyces cerevisiae,* применяемых для производства вин. Накопление данных компонентов в винах зависит от множества факторов, в первую очередь, от исходного содержания в сусле сахаров как основного субстрата спиртового брожения, питательных веществ (аминного азота, микро- и макроэлементов), а также расы дрожжей и условий брожения [1-4].

По данным мировой и отечественной литературы массовая концентрация глицерина в винах с завершенным циклом брожения, т.е. выброженных "насухо", находится в пределах 5-15 г/л, при этом для красных вин характерно более высокое содержание глицерина по сравнению с белыми [5, 6].

Отмечено, что вина с высоким содержанием глицерина и низким – спирта, воспринимаются органолептически, как более гармоничные, мягкие и округлые [1, 7], что повышает к ним потребительский интерес. Недобросовестные винопроизводители для маскировки разбавления водой подспиртовывают столовые виноматериалы, а для улучшения вкуса фальсификатов используют прием т.н. "шеелезации" – искусственного повышения концентрации глицерина [8, 9]. Добавка указанных веществ приводит к нарушению соотношения продуктов брожения в сухих винах, что может быть выявлено по соответствующим физико-химическим показателям. Именно поэтому для подтверждения подлинности вина многие современные системы контроля качества включают такие показатели, как содержания этилового спирта и глицерина, одним из современных методов определения которых является высокоэффективная жидкостная хроматография [10].

Для установления факта фальсификации столовых вин предложены различные методологические подходы и разработаны критериальные показатели, учитывающие не только абсолютное содержание компонентов, но и их соотношения, что повышает достоверность выводов, полученных по результатам аналитических исследований [11]. Баланс основных компонентов вин, обусловленный особенностями спиртового брожения, используется при расчете соотношений"спирт/глицерин" [9, 12], "глицериновый фактор" (ГлцФ) [13, 14].

Глицериновый фактор – показатель, обозначающий соотношение содержащихся в вине глицерина и этанола, умноженный на 100 [14]. При манипуляциях с составом вин путем добавки спирта и/или глицерина значение глицеринового фактора смещается за границы интервала 8-10.

Целью работы является исследование возможности применения глицеринового фактора для идентификации подлинности столовых сухих вин.

Объектами являлись виноматериалы, выработанные в условиях микровиноделия из винограда европейских и селекционных сортов, возделываемого в Крыму, в том числе на

Ампелографической коллекции "Магарач" (с. Вилино, Бахчисарайского р-на); виноматериалы, выработанные на различных предприятиях Крыма; отечественные и зарубежные вина.

Для приготовления виноматериалов в условиях микровиноделия использовали дрожжи из Коллекции микроорганизмов виноделия "Магарач".

Содержание этилового спирта и глицерина определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на рефрактометрическом детекторе (хроматограф Shimadzu LC Prominence, Япония). Проведение анализа осуществляли по аналогичному методу, изложенному [10]. Разделение пробы на индивидуальные вещества проводили на колонке Supelcogel C610H, в качестве элюента использовали раствор ортофосфорной кислоты.

Глицериновый фактор рассчитывали как соотношение массовой концентрации глицерина и этилового спирта, полученный результат умножали на 100 [13]. Массовую концентрацию спирта (г/л), вычисляли умножением объемной доли спирта (% об.) на коэффициент 7,893.

Нами были проанализированы приобретенные в розничной торговле образцы отечественных и зарубежных столовых сухих вин по содержанию спирта и глицерина. Предварительно все образцы были оценены органолептически и отмечены как вина высокого или хорошего качества и выдержали испытание на соответствие подлинным винам в соответствии с системой, предложенной нами ранее [11].

Показано, что значение глицеринового фактора может выходить за рамки установленного ранее диапазона – 8-10 [13, 14], при этом содержание спирта и глицерина соответствует подлинным столовым сухим винам (табл. 1 и 2). Для белых вин характерно более низкое значение ГлцФ (5,7-7,5) по сравнению с красными (6,1-11,7); достоверная разница между значениями данного показателя крымских и импортных не установлена. Как следует из представленных данных, глицериновый фактор может превышать верхний диапазон – в образце Саперави (ПАО "Массандра") его значение составляет 10,6; в Barkan Shiras Classic (Израиль) – 11,7. Еще более значимое отклонение установлено для нижней границы диапазона – во всех образцах белых вин величина ГлцФ менее 8, минимальное значение отмечено в образце Matua Sauvignon blanc (Новая Зеландия) – 5,7.

Вероятно, с момента установления данных требований к значению показателя для подлинных вин, влияние биотехнологических и технологических приемов производства стало более значимо, что требует дополнительных исследований в этом направлении.

Таблица 1 – Глицериновый фактор в столовых сухих винах Крыма

Наименование	Производитель	Содержание		ГлцФ
		Этиловый спирт, % об.	Глицерин, г/л	
Белые				
Жемчужина Инкермана	ООО "Инкерманский завод марочных вин"	12,1	6,3	6,6
Совиньон Крымский		12,6	6,1	6,1
Шардоне Качинское		11,9	5,8	6,2
Кокур	АО "Солнечная долина"	11,5	5,9	6,5
Шардоне Солнечная долина		12,1	5,9	6,2
Совиньон Солнечная долина		13,5	6,4	6,0
Красные				
Каберне Качинское	ООО "Инкерманский завод марочных вин"	12,7	9,1	9,1
Мерло Каберне		12,5	8,5	8,6
Каберне	ПАО "Массандра"	11,9	9,1	9,7
Саперави		11,2	9,4	10,6
Меганом	АО "Солнечная долина"	12,0	7,9	8,3
Каберне		12,9	9,2	9,0

Таблица 2 – Глицериновый фактор в столовых сухих винах зарубежного производства

Наименование	Страна-производитель	Содержание		ГлцФ
		Этиловый спирт, % об.	Глицерин, г/л	
Белые				
Jacobs Creek Adelaide Hills Chardonnay Reserve	Австралия	13,0	6,3	6,1
Liegenfeld Grüner Veltliner	Австрия	12,6	6,6	6,6
Moselland Riesling Trocken	Германия	12,1	6,4	6,7
Anadas De Oro Airen Blanco Seco	Испания	11,0	5,2	6,0
Matua Sauvignon blanc	Новая Зеландия	13,0	5,8	5,7
Sunrise Chardonay	Чили	12,2	6,2	7,5
Красные				
Ашта Лаша	Абхазия	12,5	8,4	8,5
Jacobs Creek Barossa Shiraz Reserve	Австралия	14,0	11,1	10,0
Schneider St. Laurent	Австрия	12,9	10,1	9,9
Blaufränkisch Neckermarkt	Австрия	14,0	10,3	9,3
Barkan Shiras Classic	Израиль	14,5	13,4	11,7
Tenuta San Guido Le Difese	Италия	12,7	8,9	8,9
Roche Mazet Cabernrt Sauvignon	Франция	12,7	8,3	8,3
Chateau Les Grauzils Cahors Cuvee Tradition	Франция	12,6	8,4	8,4
Estampa reserve Carmenere, Cabernet Sauvignon, Cabernet franc	Чили	14,9	7,2	6,1

Изучение глицеринового фактора виноматериалов, выработанных нами в условиях микровиноделия (рис. 1), показало, что его варьирование в подлинных образцах значительно шире и составляет 5,6-10,3. Только в 38 % исследованных образцов величина ГлцФ находится в диапазоне 8-10; в 51 % случаев наблюдается отклонение показателя в нижнюю сторону, что в большей степени касается белых виноматериалов.

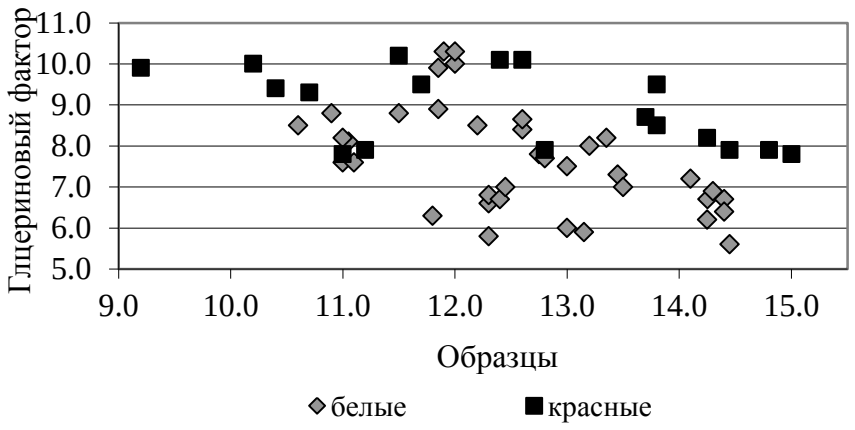


Рисунок 1 – Глицериновый фактор в подлинных виноматериалах (микровиноделие)

Обобщение результатов исследований подлинных виноматериалов и вин, предоставленных различными винопроизводителями Крыма, позволило установить диапазоны содержания спирта, глицерина и их расчетного соотношения (табл. 3).

Таблица 3 – Значения показателей подлинных столовых сухих виноматериалов и вин Крыма

Значение	Содержание		Глицериновый фактор
	Этиловый спирт, % об.	Глицерин, г/л	
Белые (n=140)			
минимум	9,5	5,5	5,5
максимум	14,5	10,2	10,3
среднее	11,6	6,5	7,2
Красные (n=81)			
минимум	9,6	6,3	6,3
максимум	14,6	12,5	12,2
среднее	11,8	8,4	9,1

Нами проведен анализ винопродукции, предоставленной на исследование различными винопроизводителями и контролирующими органами, который показал, что в ряде случаев подделка выявлялась по значениям глицеринового фактора и содержанию глицерина. Результаты исследований отдельных образцов приведены на рисунке 2. Из представленных данных следует, что при массовой концентрации глицерина характерной (№ 1, 4 и 6) и нехарактерной (№ 2, 3, 5) для столовых вин значения глицеринового фактора выходило за установленные пределы. Это может свидетельствовать о запрещенных манипуляциях в процессе производства столовых вин (добавка воды, глицерина, спирта). Необходимо отметить, что все исследованные образцы имели крайне низкое органолептическое качество, однако при этом соответствовали требованиям нормативной документации по массовой концентрации сахаров (не более 4,0 г/л) и объемной доли этилового спирта (не менее 8,5 % и не более 15 %) [15].

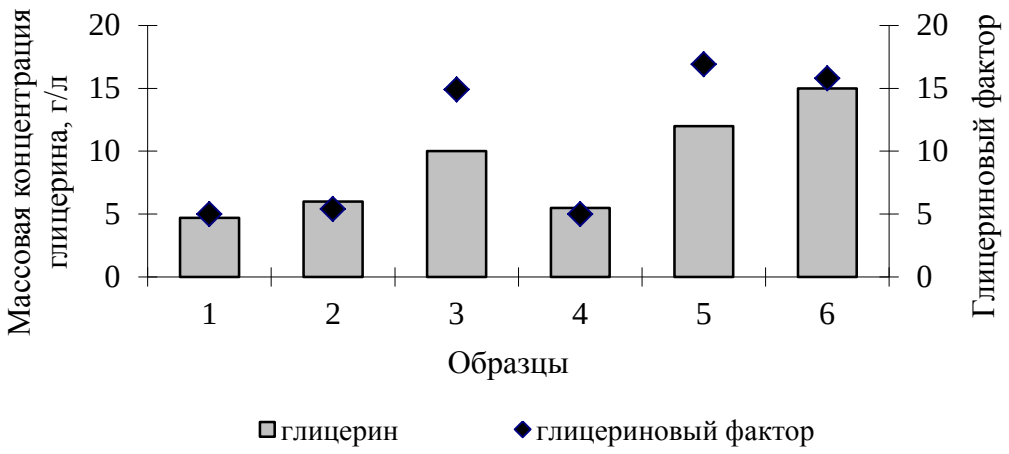


Рисунок 2 – Глицериновый фактор в белых (1-3) и красных (4-6) образцах фальсифицированных вин

Таким образом, нарушение баланса продуктов брожения в столовых сухих винах находит свое отражение в значениях глицеринового фактора, что позволяет внести его в систему показателей для идентификации подлинности вин. Установлен диапазон глицеринового фактора, который составляет для белых образцов – 5,5-10,3 и для красных – 6,3-12,2.

Работа выполнена в рамках темы Госзадания № 0833-2015-0004.

Список литературы

1. Yeast's balancing act between ethanol and glycerol production in low-alcohol wines / H. D. Goold [et al.] // Microbial Biotechnology. – 2017. – № 10. – P. 264–278. DOI: 10.1111/1751-7915.12488.

2. Tilloy, V. Reduction of Ethanol Yield and Improvement of Glycerol Formation by Adaptive Evolution of the Wine Yeast *Saccharomyces cerevisiae* under Hyperosmotic Conditions / V. Tilloy, A. Ortiz-Julien, S. Dequin // Appl. Environ. Microbiol. – 2014. – Vol. 80, №. 8. – P. 2623–2632. DOI: 10.1128/AEM.03710-13.

3. Glycerin Handling/Processing. Technical Evaluation Report Compiled by the USDA AMS Agricultural Analytics Division for the USDA National Organic Program. June 10, 2013. Page 1 of 19. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Glycerin%20Petition%20to%20remove%20TR%202013.pdf (дата обращения: 08.02.2018).

4. Waterhouse, A. L. Understanding wine chemistry / A. L. Waterhouse, G. L. Sacks, D. W. Jeffery. – Chichester, West Sussex : John Wiley & Sons, Inc., 2016. – 443 p.

5. Glycerol in South African Table Wines: An Assessment of its Relationship to Wine Quality / H. H. Nieuwoudt, B. A. Prior, S. Pretorius, F. F. Bauer // S. Afr. J. Enol. Vitic. – 2002. – Vol. 23, № 1. – P. 22–30.

6. Аникина, Н. С. Содержание глицерина в винах как идентифицирующий показатель их подлинности / Н. С. Аникина // Виноградарство и виноделие. – 2016. – Т. 46. – С. 59–61.

7. Валуйко, Г. Г. Теория и практика дегустации вин / Г. Г. Валуйко, Е. П. Шольц-Куликов. – Симферополь: Таврида, 2001. – 248 с.

8. Maus, S. Gemixt und durchgerührt / S. Maus, H. Pilz // Weinwirtschaft. – 2008. – № 8. – P. 38–39.

9. Виноградные вина, проблемы оценки их качества и региональной принадлежности / Ю. Ф. Якуба [и др.] // Аналитика и контроль. – 2014. – Т. 18, № 4. – С. 344–372.

10. Kupina, S. Determination of Total Carbohydrates in Wine and Wine-Like Beverages by HPLC with a Refractive Index Detector: First Action 2013.12 / S. Kupina, M. Roman // J. of AOAC Int. – 2014. – Vol. 97, № 2. – P. 498–505. DOI: https://doi.org/10.5740/jaoacint.13-320.

11. Методология идентификации подлинности вин / Н. С. Аникина, В. Г. Гержикова, Н. В. Гниломедова, Д.Ю. Погорелов. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2017. –152 с.

12. Иукуридзе, Э. Ж. Результаты комплексных исследований вин шабского терруара с целью определения возможности производства вин КНП / Э. Ж. Иукуридзе // Science Rise. – 2015. – Т. 3, № 2(8). – С. 59–62. DOI: 10.15587/2313-8416.2015.39178.

13. Lexiques de la vigne et du vin. O.I.V. Paris, 1984. – 674 p.

14. Калинина, К. "Секреты" виноделия / К. Калинина, Н. Даниленко // Спрос. – 2011. – № 1-2. – С. 11–13.

15. ГОСТ Р 32030-2013. Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. –15 с.

УДК 663.223:658.56

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ВИН, ПОЛУЧЕННЫХ ВТОРИЧНЫМ БРОЖЕНИЕМ

Н. И. Аристова, Ю. В. Гришин, Т. А. Жилякова
Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, г. Ялта, Россия

Один из факторов здоровья человека - это потребление экологически чистых и качественных продуктов. На качество пищевых продуктов оказывают влияние пищевые добавки, которые используют для улучшения товарного вида. К пищевым добавкам относят вещества, которые улучшают внешний вид продукта (осветлители, красители, загустители, желирующие вещества), увеличивают сроки хранения продуктов (консерванты, антиоксиданты), изменяют физические свойства продукта (поверхностно-активные вещества), улучшают вкус и аромат (подкислители, ароматизаторы, подсластители), повышают пищевую ценность продукта (макро- и микроэлементы, витамины). Защита жизни, здоровья человека и окружающей среды является главной целью действующего технического регламента Таможенного Союза (ТР ТС) [1], который устанавливает требования безопасности (санитарно-эпидемиологические, гигиенические) к объектам технического регулирования, правила их идентификации, формы и процедуры оценки соответствия объектов технического регулирования требованиям ТР ТС. Поэтому контроль качества пищевой продукции, в том числе винодельческой является актуальным.

В научной литературе имеются данные исследований о физико-химическом составе виноматериалов и вин [2-4]. В тоже время сведения об антиоксидантной активности и компонентном составе фенольных веществ игристых вин в отечественной научной литературе практически отсутствуют, поэтому исследования особенностей их компонентного фенольного состава и проявляемой ими антиоксидантной активности, влияющих на качество, имеют научный и практический интерес.

Целью исследований являлось определение физико-химических показателей качества и безопасности игристых вин, полученных резервуарным (акратофорным) способом, а также их качественного и количественного состава фенольных веществ и антиоксидантной активности.

Материалы и методы исследования

Материалом исследований являлись образцы различных групп игристых вин виноградовинодельческих предприятий Республики Крым (РК), РФ, а также столовые виноматериалы из красных сортов винограда. Отбор проб вин осуществляли по ГОСТ 31730-2012 [5], подготовку проб – по ГОСТ 26671-2014 [6]. Образцы исследуемых игристых вин подвергали процедуре предварительной дегазации на ультразвуковой бане BADELINSONOREX (Германия). Физико-химические показатели образцов игристых вин, определённые стандартизированными и принятыми в виноделии методами [7-10], соответствовали ГОСТ 33336-2015[11]. Антиоксидантную активность определяли амперометрическим методом на анализаторе антиоксидантной активности веществ Цвет ЯУЗА-01-АА (НПО “Химавтоматика”, РФ) [7-8]. Качественный и количественный состав фенольных веществ в объектах исследования определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием хроматографической системы AgilentTechnologies(модель 1100, США) с диодно-матричным детектором и аналогичным методикам [9]. Для разделения фенольных веществ использовали хроматографическую колонку ZorbaxSB-C18 размером 2,1 × 150 мм, заполненную силикагелем с привитой октадецилсилильной фазой с размером частиц сорбента 3,5 мкм. Хроматографирование проводили в градиентном режиме. Идентификацию компонентов производили по их времени удерживания. Расчёт количественного содержания индивидуальных компонентов производили с использованием калибровочных графиков зависимости площади пика от

концентрации вещества, построенных по растворам индивидуальных веществ. Содержание кафтаровой кислоты определяли в пересчёте на кофейную кислоту. В качестве стандартов использовали галловую кислоту, кофейную кислоту, (+)-D-катехин, кверцетиндигидрат (Fluka Chemie AG, Швейцария) и *транс*-ресвератрол, (-)-эпикатехин, сиреневую кислоту фирмы (Sigma-Aldrich, Швейцария). Все определения проводили в трёх повторностях. Результаты исследований обрабатывали стандартными методами математической статистики.

Массовую концентрацию металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра типа С-115-М1.

Результаты и их обсуждение

Анализируемые образцы получены на виноградовинодельческих предприятиях резервуарным (акратофорным) способом, включающим в себя вторичное брожение содержащего сахарозу столового виноматериала при оптимальной температуре с использованием специальных рас дрожжей [11]. Качество игристых вин во многом определяется физиологическим состоянием винограда, используемого для производства игристых вин, соблюдением режимов переработки винограда (“по-белому” и “по-красному” способам) и норм техно-химического контроля первичного и вторичного брожения.

Результаты исследования компонентного состава фенольных и минеральных веществ в столовом виноматериале красных новых сортов винограда Республики Крым методом ВЭЖХ и атомно-абсорбционной спектроскопией представлены в табл. 1. Содержание катионов щелочных и щелочно-земельных металлов в исследуемых виноматериалах красных сортов новой селекции института «Магарач», определяющие органолептические характеристики и кристаллическую стабильность, варьировали в следующих пределах: калий – от 570 (Красень) до 993(Ассоль) мг/дм³, натрий – от 9 (Рубиновый Магарача) до 16 (Ай-Петри) мг/дм³, магний –72 (Рубиновый Магарача) до 100 (Бастардо Магараский) мг/дм³, от 35 (Ассоль) до 77 (Рубиновый Магарача), которые находились в характерных для игристых Крыма диапазонах. Контроль содержания тяжелых металлов показал соответствие действующей нормативной документации [12].

Таблица 1 – Исследование компонентного состава фенольных и минеральных веществ в столовом виноматериале красных новых сортов винограда Республики Крым методом ВЭЖХ и атомно-абсорбционной спектроскопией

Наименование показателя	Массовая концентрация, мг/дм³						
	Красень	Ассоль	Ай-Петри	Бастар-до Магарач-ский	Антей Магарач-ский	Руби-новый Магарача	Каберне-Совиньон (к)
Антоцианы							
Сумма идентифицирован-ных антоцианов	1221,7	27,1	92,7	11,4	155,5	78,5	71,0
Флавоны							
Кверцетин	4,9	0,3	2,3	4,2	4,0	1,3	10,3
Кверцетин-3-О-глюкозид	20,4	30,3	9,6	26,5	5,4	-	12,7
Флаван-3-олы							
(+)-D-катехин	7,0	34,6	29,1	27,3	4,4	7,4	9,6
(-)-Эпикатехин	41,3	23,8	52,2	21,0	41,6	43,0	25,5

Продолжение таблицы 1

Процианидины							
Олигомерные процианидины	438,0!	185,0	187,0	145,0	212,0	205,0	103,0
Полимерные процианидины	4330,0	1400	2092	1299,0	2168,0	2795,0	1445,0
Сумма фенольных веществ	6162,0	1816,7	2584,0	1642,0	2637,4	3296,4	1734,0
Натрий	14,0	13,0	16,0	19	8,0	9,0	9,0
Калий	570,0	993,0	576,0	679	777,0	610,0	546,0
Магний	80,0	75,0	87,0	100	76,0	72,0	61,0
Кальций	43,0	35,0	68,0	71	39,0	77,0	54,0
Медь	0,03	0,04	0,11	0,12	0,12	0,03	0, 05
Железо	3,3	0,87	2,78	1,83	1,02	1,21	0,83
Цинк	0,18	0,16	0,26	0,07	0,06	0,33	0, 05

Нами проведен контроль качества различных групп белых, розовых, красных игристых вин виноградовинодельческих предприятий РК, РФ, который показал, что все физико-химические показатели исследуемых образцов игристых вин соответствовали ГОСТ 33336-2015 (табл.2) и имеют достаточно высокое качество.

Таблица 2 – Физико-химические показатели игристых вин виноградо-винодельческих предприятий Республики Крым, РФ

№ п/п	Наименование продукции	Год урожая	Объёмная доля этилового спирта, %	Наименование показателей								Давление двуокиси углерода при +20°С, кПа
				Массовая концентрация								
				Сахаров, г/дм^3	Титруемых кислот в пересчёте на винную кислоту, г/дм^3	Летучих кислот в пересчёте на уксусную кислоту, г/дм^3	Свободного диоксида серы, мг/дм^3	Общего диоксида серы, мг/дм^3	Железа, мг/дм^3	Приведённого экстракта, г/дм^3	Лимонной кислоты, г/дм^3	
1	Вино игристое брют белое “Шардоне Золотая Балка”	2015	11,1	11,3	5,2	0,6	143	23	1,8	17,0	0,5	440

Продолжение таблицы 1

2	Вино игристое полусухое белое “Золотая Балка”	2016	11,4	34,2	5,7	0,6	187	24	2,6	16,9	0,8	440
3	Вино игристое полусладкое красное “Золотая Балка”	2015	11,9	53	5,1	0,5	150	21	4,7	18,2	0,7	450
4	Вино игристое полусладкое белое “Золотая Балка”	2016	11,9	42,6	5,6	0,6	178	26	2,6	17,0	0,7	450
5	Вино игристое брют белое “Золотая Балка”	2016	12,3	12,0	6,0	0,4	178	15	2,6	16,9	0,8	440
6	Вино игристое полусладкое белое “Мускатное Игристое”	2015	11,0	52,2	5,6	0,6	190	28	2,6	28,6	0,6	440
7	Вино игристое полусладкое розовое “Золотая Балка”	2015	11,8	42,6	5,5	0,7	193	32	4,8	19,8	0.7	450
8	Вино игристое полусладкое белое “Крымское” ТМ “Севастопольск ое игристое”	2015	11,8	53,7	6,4	0,4	108	14	2,4	21,2	–	350
9	Вино игристое полусухое белое “Крымское” ТМ ”Севастопольск ое игристое”	2015	11,7	35,3	6,6	0,4	96	14	3,0	23,3	–	350
10	Вино игристое полусухое белое “Крымское” ТМ ”Херсонес Таврический”	2015	11,6	35,0	6,5	0,50	243	12	3,5	17,2	–	370
11	Вино игристое брют белое “Крымское” ТМ ”Херсонес Таврический”	2015	11,9	10,9	6,8	0,46	221	10	3,2	17,1	–	360
12	Вино игристое полусладкое красное “Крымское” ТМ ”Севастопольск ое игристое”	2015	11,3	39,2	6,0	0,4	167	14	2,6	16,9	0,8	350

Диапазоны варьирования значений массовых концентраций фенольных веществ и антиоксидантной активности игристых вин представлены в табл. 3, компонентный состав фенольных соединений игристых вин - на рис 1.

Установлена взаимосвязь массовой концентрации фенольных веществ и антиоксидантной активности игристых вин. Выявлена тенденция увеличения антиоксидантной активности игристых вин в следующей последовательности: игристые белые (0,59 г/дм^3) → игристые розовые (0,62 г/дм^3) → игристые красные (0,90 г/дм^3).

Таблица 3 – Диапазоны варьирования значений массовой концентрации фенольных веществ и антиоксидантной активности игристых вин Республики Крым, РФ

№	Игристое вино	Массовая концентрация фенольных веществ ($\sum_{ф.в.}$) мин÷макс , мг/дм^3	АОА, мин÷макс , г/дм^3
1	Белое	193,80–376,49	0,57–0,61
2	Розовое	255,60–576,81	0,59–0,66
3	Красное	1109,00–1672,50	0,88–1,15

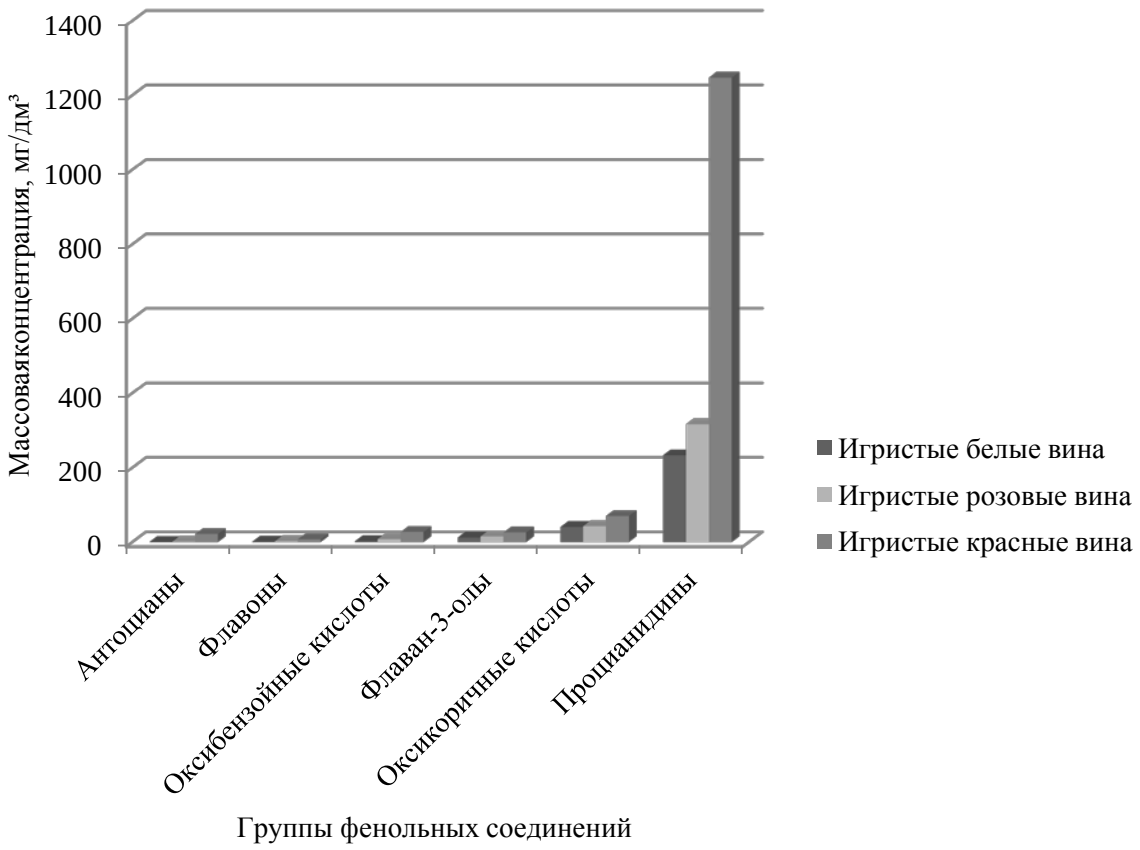


Рисунок 1 – Компонентный состав фенольных соединений игристых вин

Выводы

1. Исследуемые образцы игристых вин Республики Крым, РФ по физико-химическим показателям соответствуют ГОСТ 33336-2015, имеют достаточно высокое качество и можно считать экологически чистыми продуктами.

2. Идентифицированный состав фенольных соединений игристых вин представлен в красных и розовых игристых винах антоцианами, процианидинами, оксикоричными,

оксибензойными кислотами, флаван-3-олами, флавонами, в белых игристых винах - аналогичен, кроме антоцианов. Определены количественные значения различных групп фенольных веществ. Фенольный состав виноматериалов из новых красных сортов винограда идентичен розовым и красным игристым винам.

3. Выявлена тенденция увеличения антиоксидантной активности игристых вин в следующей последовательности: игристые белые (0,59 г/дм^3) → игристые розовые (0,62 г/дм^3) → игристые красные (0,90 г/дм^3). Физико-химические показатели массовой концентрации фенольных веществ и антиоксидантной активности можно использовать как дополнительные показатели качества винопродукции.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФАНО России (№ 0833-2015-0001).

Список литературы

1. Технический регламент Таможенного Союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Утв. решением комиссии Таможенного Союза № 880 от 09.12.2011. – 242 с.

2. Das, D. K. Does white wine qualify for French Paradox? Comparison of the cardioprotective effects of red and white wines and their constituents: resveratrol, tyrosol, and hydroxytyrosol / K. D. Das [et al.] // J. Agric. Food Chem. – 2008. – Vol. 56 (20). – P. 9362–9373.

3. Определение фенольных и минеральных веществ в виноматериале из винограда сорта Каберне-Совиньон / Н. И. Аристова [и др.] // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2016. – Т.2 (68), №3. – С. 76–82.

4. Определение компонентного состава виноматериала из нового красного сорта винограда «Кафа» методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / Н. И. Аристова, О. В. Разгонова, Д. А. Панов, Г. П. Зайцев, А. В. Семенчук // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2015. – Т.1 (67), №1. – С. 183–190.

5. ГОСТ 31730-2012. Продукция винодельческая. Правила приёмки и методы отбора проб. – М.: Стандартинформ, 2013. – 12 с.

6. ГОСТ 26671-2014. Продукты переработки фруктов и овощей, консервы мясные и мясорастительные. Подготовка проб для лабораторных анализов. – М.: Стандартинформ, 2014. – 7 с.

7. ГОСТ Р 54037-2010. Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках. – М.: Стандартинформ, 2011. – 12 с.

8. Яшин, А. Я. Новый прибор для определения антиоксидантной активности пищевых продуктов, биологически активных добавок, растительных лекарственных экстрактов и напитков / А. Я. Яшин, Я. И. Яшин // Приборы и автоматизация. – 2004. – №11. – С. 45–48.

9. Р 4.1. 1672-03. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. – М.: Федеральный центр Госсанэпидемнадзора Минздрава России, 2004. – 184 с.

10. Аристова, Н. И. Методики выполнения измерений физико-химических показателей для контроля качества винопродукции / Н. И. Аристова // Магарач. Виноградарство и виноделие. – 2014. – № 4. – С. 36–39.

11. ГОСТ 33336-2015. Вина игристые. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.

12. СанПин 2.3.2.1078-2001. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.- М: Утв. Гл.сан.врачом РФ. – С. 3–12.

УДК 664.848

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИАЛИМЕНТАРНЫХ ВЕЩЕСТВ В ДИКОРАСТУЩИХ ГРИБАХ

В. И. Бакайтис*, С. Н. Че*, О. В. Дорогина**
*Сибирский университет потребительской кооперации, г. Новосибирск, Россия
**Центральный Сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия

Грибы представляют особую группу растительных организмов – царство *Micota*. По пищевой ценности грибы в значительной степени схожи с овощами, а именно, по содержанию воды, витаминов, минеральных веществ. В то же время в составе грибов в отличие от овощей отмечается количественное преобладание белка над усвояемыми углеводами, содержание так называемого животного крахмала гликогена, значительное содержание пищевых волокон (ПВ), в том числе хитина, и слизей; содержат оригинальные вкусовые и ароматические вещества [1,2]. Несмотря на относительно большое количество белка (0,2–3,0 %) из-за наличия хитина съедобные грибы являются сложно усваиваемым продуктом питания [3].

Кроме ценных пищевых веществ грибы содержат так называемые антиалиментарные вещества – природные соединения, оказывающие, в зависимости от их химической структуры, концентрации, взаимодействия с другими компонентами пищи, лечебное или токсическое воздействие на организм человека.

Токсины – наиболее хорошо изученная группа антиалиментарных веществ грибов. Они являются продуктами вторичного метаболизма, поэтому специфичны для разновидности, вида, рода, реже семейства и являются основным критерием оценки их пищевого значения [2,3]. По содержанию токсичных веществ виды и разновидности грибов делятся на съедобные, условно-съедобные, несъедобные и ядовитые, что является важным фактом, который зафиксирован в Российской Федерации в Санитарных правилах, регулирующих заготовку и переработку грибов (СП 2.3.4 – 10).

По характеру влияния на организм эндотоксины различают плазмотоксического, гемолитического, нейро- и психотропного, гастротоксического действия [2]. К настоящему времени из грибов выделен и изучен целый ряд токсичных веществ, которые нашли применение в производстве лекарственных средств, в частности большой интерес представляют базидиальные и агариковые грибы [4].

Как антиалиментарные факторы научный и практический интерес представляют ферменты грибов, в частности ингибиторы активности антихолинэстеразы [5], ферменты грибов шиитаке {*Lentinus edodes*} [6], грибов лингши {*Amauroderma rugosum*} [7], древесных грибов [8,9]. Наибольший интерес исследователей к ферментам ингибиторам трипсина (ИТ) из-за их широкого распространения в растительных продуктах [10,11]. Физиологические функции этих веществ заключаются в том, что они могут играть роль запасных белков, регулировать активность протеолитических процессов, предотвращая преждевременный распад резервных белков; подавлять активность протеиназ ряда вредных насекомых и фитопатогенных микроорганизмов, тем самым, защищая растения от поражения. Вместе с тем ИТ обладают свойством существенно снижать каталитическую активность протеолитических ферментов (трипсина и химотрипсина) желудочно-кишечного тракта животных организмов, образуя с ними неактивные комплексы. Поступление в организм повышенного количества этих антиалиментарных веществ приводит к уменьшению процесса гидролиза белков пищи, снижению эффективности их усвоения и, как следствие, гипертрофии поджелудочной железы, нарушению функции печени, задержке роста и др.

В настоящее время хорошо изучены ИТ бобовых, особенно сои, различных видов зерновых, картофеля [10,11,12].

Впервые ингибиторы трипсинподобных ферментов в высших грибах обнаружили немецкие ученые 1992 году в таких видах, как *Armillaria mellea, Nematoda fasciculare, Tricholoma populinum.* Позднее были получены данные о наличии ингибиторов трипсина в 54

видах порядка *Agaricales и Aphyllophorales* [12,13,14].

Интерес к изучению активности ингибиторов трипсина (АИТ) в грибах в России начали проявлять только в последние годы в связи с изучением вопросов обеспечения безопасности пищи: установлено влияние сушки на АИТ в грибах, собранных в Алтайском крае [15] и Краснодарском крае [12] и др.

Таким образом, высокое содержание ИТ существенно снижает пищевую ценность продукта, так как влияет на усвояемость белка, что представляет угрозу для здоровья. Целью данного исследования является изучение АИТ в грибах, произрастающих в Сибирском регионе и заготавливаемых для пищевых целей.

Материал и методы

Активность ингибиторов трипсина (АИТ) исследовалась в средних образцах плодовых тел семи видов дикорастущих съедобных грибов среднего возраста, собранных в Новосибирской области: белые грибы березовые {*Boletus edulis. Bull.Fr*}, опята осенние {*Armillariella mellea (Vahl.: Fr.*}, лисички настоящие {*Cantharellus cibarius Fr.*}, подгруздки белые {*Russula delica Fr.*}, грузди настоящие {*Lactarius resimus (Fr.)Fr.*}, моховики желто-бурые {*Suillus variegatus (Sow.: Fr.*) *Kuntze*}, маслята поздние {*Suillus luteus (L.*: *Fr.) S.F.Gray*}. АИТ определяли в плодовых телах, а также отдельно в ножках и шляпках. Образцы плодовых тел были предварительно заморожены и хранились не более 3 месяцев.

В качестве критерия, относительно которого проводилась оценка величины АИТ, мы выбрали семена сои, полученных из г. Ставрополя, характеризующиеся наибольшей активностью ингибиторов трипсина.

АИТ определяли по методу, разработанному Гофманом Ю.Я. и Вайсблаем И.М. [10,15]. Метод основан на спектрофотометрическом измерении величины оптической плотности продуктов распада белкового субстрата под действием трипсина при длине волны 405 нм. Плодовые тела грибов высушивали на воздухе, измельчали и просеивали через сито с диаметром ячейки 0,1 мм. Ингибиторы трипсина экстрагировали дистиллированной водой из муки воздушно-сухих плодовых тел (влажность 6 %) в соотношении 1:50 в течение 12 час при температуре +6…+10^0 С. В качестве буфера использовали 0,05 М трис-HCL – 0,02 М $CaCl_2$. Определение величины АИТ проводили при pH=7,7. Применяли реактивы фирмы ISN-Biomedical, США (N^a-бензоил-DL-аргинин-п-нитроанилид). Перед началом работы все растворы термостатировали при 25^0 С.

Результаты и обсуждение

Анализ 6 образцов сои показал в них высокую АИТ, находящуюся в пределах от 82 до 96 мг/г воздушно-сухой массы. Исследования дикорастущих грибов выявили активность ингибиторов трипсина в пределах 0,35-1,2 мг/г (табл.1).

Таблица 1 – Активность ингибиторов трипсина в дикорастущих грибах Новосибирской области

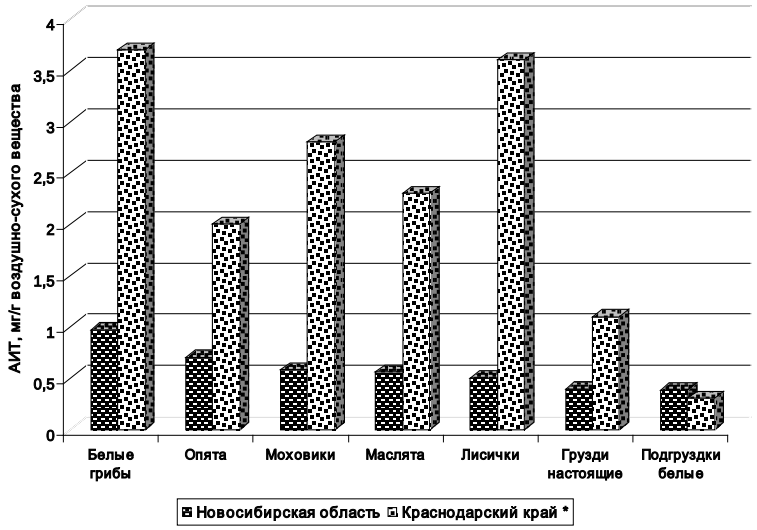
Вид грибов	АИТ, мг/г воздушно-сухого вещества
Белые грибы {*Boletus edulis*}	0,97±0,05
Опята осенние {*Armilaria mellea*}	0,67±0,05
Моховики желто-бурые {*Boletus variegates*}	0,51±0,05
Маслята поздние {*Suillus luteus (L.*: *Fr.) S.F.Gray*}	0,50±0,05
Лисички настоящие {*Cantharellus cibarius*}	0,44±0,03
Грузди настоящие {*Lactarius resimus*}	0,39±0,03
Подгруздки белые {*Russula delica*}	0,35±0,03

Наиболее высокая АИТ у белых грибов {*Boletus edulis*}, средний уровень активности у опят осенних {*Armilaria mellea*}, моховиков {*Boletus variegates*}, маслят поздних {*Suillus luteus (L.*: *Fr.) S.F.Gray*} и лисичек {*Cantharellus cibarius*}, минимальный уровень АИТ среди изученных грибов у подгруздков белых {*Russula delica*} и груздей настоящих {*Lactarius*

resimus}.

Установлена корреляционная зависимость между содержанием ингибиторов трипсина и количеством растворимого белка (r = 0,78).

Наши результаты сопоставимы с данными, полученными при исследовании дикорастущих грибов Алтайского края [3,14,15]. Следует отметить, что трипсинингибирующая активность дикорастущих грибов Краснодарского края в несколько раз выше: в белых грибах и маслятах – в 4 раза; в опятах и груздях настоящих – в 3 раза; в моховиках почти в 5 раз; в лисичках – в 7 раз (рис. 1).



Примечание: * - по данным Гвоздян Л.А., Проскуряков М.Т. [9]

Рисунок 1 – Активность ингибиторов трипсина в дикорастущих грибах

Исследование отдельных частей плодового тела опят осенних и белых грибов показали, что АИТ в 2–6 раз выше в ножках, чем в шляпках (рис. 2).

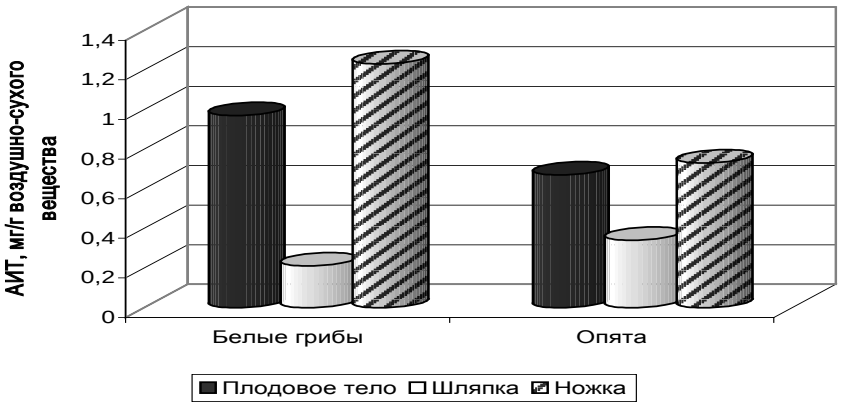


Рисунок 2 – Содержание ингибиторов трипсина в частях плодового тела дикорастущих грибов

Поскольку грибы употребляются в пищу только после тепловой обработки или консервирования методом засола, маринования, представляет интерес определение величины АИТ в грибах после разных способов обработки.

Выводы

Величина активности ингибиторов трипсина в дикорастущих грибах Новосибирской области варьирует от 0,35-1,2 мг/г воздушно сухого вещества: наиболее высокий уровень АИТ у белых грибов{*Boletus edulis. Bull.Fr*}, наиболее низкий у груздей настоящих {*Lactarius resimus (Fr.)Fr.*}.

АИТ в дикорастущих грибах Новосибирской области в 3-7 раз ниже, чем в соответствующих видах грибов Краснодарского края.

Величина активности ингибиторов трипсина в дикорастущих грибах Новосибирской области практически в 10 раз ниже, чем в сое.

Список литературы

1. Закутнова, В. И. Химический состав шляпок и ножек различных видов съедобных грибов долины Нижней Волги / В. И. Закутнова, А. В. Левченко, Е. Б. Закутнова // Астраханский вестник экологического образования. – 2015. – № 1(31). – С. 72–75.

2. Бакайтис, В. И. Управление качеством и ассортиментом грибной продукции: монография / В. И. Бакайтис. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 315 с.

3. Бакайтис, В. И. Теоретическое и экспериментальное обоснование повышения потребительских свойств и сохраняемости грибной продукции [Текст]: дис… д-р техн. наук: 05.18.15: защищена 23.06.06: утв. 13.10.06 / Бакайтис Валентина Ивановна. – Кемерово, 2006. – 310 с.

4. Ерахтин, А. Н. Лекарственные свойства базидиальных грибов поймы среднего течения р. Абакан / А. Н. Ерахтин // Зерновые и крупяные культуры. – 2016. – № 7(13). – С. 123–125.

5. Evaluation of anticholinesterase and inflammation inhibitory activity of medicinal mushroom phellinus pini (*basidiomycetes*) fruiting bodies / K. H. Im [et al.] // International Journal of Medicinal Mushrooms. – 2016. – Vol. 18, № 11. – P. 1011–1022.

6. Effect of tree species on enzyme secretion by the shiitake medicinal mushroom, lentinus edodes (*Agaricomycetes*) / E. V. Plotnikov [et al.] // International Journal of Medicinal Mushrooms. – 2016. – Vol. 18, № 7. – P. 637–644.

7. Acute Toxicity Study and the *In Vitro* Cytotoxicity of a Black Lingzhi Medicinal Mushroom, *Amauroderma rugosum* (*Agaricomycetes*), from Malaysia / Shin Yee Fung [et al.] // International Journal of Medicinal Mushrooms. – 2017. – Vol. 19, № 12. – P. 1093–1099.

8. Теплякова, Т. В. Высшие грибы Западной Сибири – перспективные объекты для биотехнологии лекарственных препаратов / Т. В. Теплякова, Т. А. Косогова. – Новосибирск, 2014. – 298 с.

9. Базидиальные грибы Западной Сибири – продуценты противоопухолевых соединений. Стабильность антибактериальной активности мицелиальных грибов в процессе хранения / Г. П. Трошкова [и др.] // Успехи медицинской микологии. – 2014. – Т. 12. – С. 355–358.

10. Гофман, Ю. Я. Определение ингибиторов трипсина в семенах гороха / Ю. Я. Гофман, И. М. Вайсблай // Прикладная биохимия и микробиология. – 1975.– № 11. – С. 777–783.

11. Питательная ценность сортов сои, гороха, фасоли и содержание в них антипитательных веществ / В. И. Возиян, М. Г. Таран, М. Д. Якобуца, Л. П. Авадэний // зерновые и крупяные культуры. – 2013. – № 1. – С. 26–29.

12. Гзогян, Л. Я. Активность протеолитических ферментов, ингибиторов трипсина и химотрипсина в высших грибах / Л. Я. Гзогян, М. Т. Проскуряков // Известия вузов. Пищевая технология. – 2005. – № 2-3. – С. 61–63.

13. Vetter, J. Trypsin inhibitor activity of basidiomycetous mushrooms / J. Vetter // Europ. Food Res. Technol. – 2000. – Vol. 211, № 5. – P. 346–348.

14. Kalac, P. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review / P. Kalac // Food Chemistry. –2009. – Vol. 113, №1. – P. 9–16.

15. Щеглова, И. В. Влияние вакуумно-импульсной обработки грибов на аминокислотный состав и трипсинингибирующую активность / И. В. Щеглова, А. Л. Верещагин // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – №1. – С. 25–28.

16. Басалаева (Че), С.Н. Исследование безопасности и сохраняемости дикорастущих грибов [Текст]: дис… канд. техн. наук: 05.18.15: защищена 29.06.09: утв. 23.10.06 / Басалаева Светлана Николаевна. – Кемерово, 2009. – 160 с.

УДК 637.252:663.91.01

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОДЛИННОСТИ ЭМУЛЬСИОННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ТИПА «МАСЛО В ВОДЕ» МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

А. Л. Верещагин*, И. Ю. Резниченко**, Н. В. Бычин*, Л. Н. Буданина*
*Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», г. Бийск, Россия
**Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Снижение покупательной способности денежных доходов населения в 2015 году, девальвация рубля, повышение себестоимости производства молочных продуктов, а также сохраняющаяся нехватка сырого молока для переработчиков вынуждает производителей молочных продуктов искать пути снижения себестоимости готовой продукции. Однако недобросовестные производители замещают молочные жиры в молочных продуктах пальмовым маслом. Повышение цен на молочную продукцию способствует переориентации потребительского спроса на более дешевые виды продуктов переработки молока, поэтому производители и фальсифицируют прежде всего молокоемкие продукты (сыры, творог, сливочное масло) [1].

В настоящее время душевое потребление сливочного масла в РФ составляет 1,2 кг в год, а рекомендуемые физиологические нормы потребления составляют 4,5 кг. Однако 80 % отечественных потребителей за год употребляет не более одного килограмма сливочного масла. При расчетной потребности сливочного масла примерно 1 млн тонн вырабатывается почти в четыре раза меньше (270 тыс. тонн в 2016 году). В то же время в 2016 году в страну было ввезено порядка 890 тыс. тонн пальмового масла. Если учесть импорт кокосового и пальмоядрового масла и их фракции, то получится 1 млн тонн, без учета пальмового масла в готовой продукции. Импорт пальмового масла в Россию в январе вырос почти на 13 % [2], и потребление пальмового масла в РФ составляет 8–9 кг на душу населения в год.

По результатам масштабной проверки, проведенной Роскачеством в отношении качества и безопасности масла сливочного 82,5% жирности, установлено неудовлетворительное качество 64 торговых марок, реализуемых на потребительском рынке. При этом высококачественной продукцией признаны образцы 18 торговых марок, в 14 торговых марках были обнаружены отклонения от заявленного состава. В частности, в восьми случаях производители заменили натуральные молочные жиры на растительные. Еще восемь производителей снизили жирность сливочного масла, добавляя при производстве в состав воду. Помимо этого в продукции 18 торговых марок выявлены нарушения санитарно-гигиенических норм: превышение требований НД по КМАФАнМ, кишечной палочки, наличию дрожжей и плесени, а также несоответствие требованиям ГОСТ по термоустойчивости [3].

Для увеличения объема сливочного масла вводят не только растительные масла, но и увеличивают массовую долю воды. Согласно требованиям нормативного документа (ГОСТ 32261), предусмотрены следующие виды масла с массовой долей жира не менее: «Традиционное» – 82,5 %, «Любительское» – 80,0 %, «Крестьянское» – 72,5 %, «Бутербродное» – 61,0 % , «Чайное» – 50,0 %.

Молочный жир представляет собой сложную и изменчивую смесь более чем двухсот триглицеридов (ТГ). Каждый из них и каждый полиморф данного ТГ имеют свою характерную температуру плавления. Полный диапазон значений температуры плавления ТГ составляет приблизительно от −40 до 72 °С. Однако диапазон температур плавления самого молочного жира составляет от −40 до 37 °С, поскольку более тугоплавкие ТГ растворяются в расплавах ТГ с более низкой температурой плавления [4]. К тому же состав жира зависит от времени года, региона, рациона питания животных и стадии лактации.

При изучении кристаллизации и фазовых переходов у пальмового стеарина и его эмульсий типа «масло в воде» методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) и рентгеновской дифракции на синхротронном излучении было установлено, что в жировой части эмульсий протекают те же процессы, что и в чистом пальмовом стеарине [5].

Это дает основание правомерности применения метода ДСК для исследования качественного и количественного состава глицеридов эмульсионных продуктов на базе молочного жира.

Таким образом, метод ДСК можно применять для обнаружения отклонений сливочного масла от заявленного состава. Эти возможности основаны на отличии теплофизических свойств молочного жира, растительных жиров и воды.

Целью данной работы является изучение возможности применения метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), термогравиаметрического анализа (ТГА) и дифференциально-термического анализа (ДТА) для определения состава и подлинности эмульсионных жировых продуктов типа «масло в воде» на основе молочного жира.

Экспериментальная часть.

Объекты исследования, приобретенные в розничной торговле Алтайского края.

Мороженое. Четыре образца мороженого, в скобках указано содержание молочного жира: «Bounty» (5 %); «Лунтик» – (8 %); «Виват Гулливерия» – (2,5 % молочного жира и 2,5 % растительного жира); «Пломбир» – (15 %).

Сливки. Семь образцов сливок жирностью 10 и 20 % торговых марок «Простоквашино», «Домик в деревне», «Valio», и «Суперпастеризованные» с м. д. жира 10 %.

Сметана. Исследовались шесть образцов сметаны с жирностью 15 % («Президент»); 20 % («Брест-Литовкая», «Белый замок»); 30 % («Президент», «Савушкин»), 42 % («Деревенская» «Valio»).

Сгущенное молоко. 15 образцов консервированных молочных продуктов (сгущенное молоко, стерилизованное молоко, сливки, обезвоженный молочный жир). Образцы были разбиты на следующие группы:

I) Молоко стерилизованное жирностью 7,8 и 8,6% («Рогачевский МКК») и 8,7 % (Молочная страна).

II) Молоко сгущенное с сахаром жирностью 8,5 % с м. д. м. ж. 50 и 60 %, вырабатываемое по ТУ (пять образцов).

III) Молоко цельное сгущенное с сахаром м. д. м. ж. 8,5 %, вырабатываемое по ГОСТ (пять образцов).

IV) Сливки сгущенные с м. д. м. ж. 19,0 % (четыре образца).

Майонез. Четыре образца оливкового майонеза жирностью 50 % («Персона», «Лиез») и 67 % («Махеевъ» и «Слобода»).

Методы исследования.

Дифференциальная сканирующая калориметрия. Процесс плавления образцов масла изучался методом дифференциальной сканирующей калориметрии на приборе DSC-60 (Shimadzu, Япония). Масса навески составляла (10,0±0,5) мг. Измерительная ячейка охлаждалась жидким азотом до температуры минус 100 °С. Опыты проводили в температурном диапазоне минус 100–50 °С при скорости нагревания 10 °С/мин и в среде азота, расход газа составлял 40 см^3/мин. Для балансировки системы использовался α-кварц. Калибровка прибора была проведена по индию ($T_{пл.}$=156,6 °С, ΔH_f=28,71 Дж/г). Расчетные данные были получены с использованием программного обеспечения DSC-60.

Метод синхронного термического анализа ДТА-ТГА. Исследование фазовых переходов производилось методом ДТА-ТГА на приборе модели Shimadzu-60 фирмы Shimadzu (Япония) при следующих условиях. Использовался азот 99,999 % степени чистоты и пропускался со скоростью ~ 40 см^3/мин. Масса навески составляла (10,0±0,5) мг. Опыты проводили в температурном диапазоне от 20 до 500 °С при скорости нагревания 10 °С/мин. в среде азота, расход газа составлял 40 см^3/мин. Калибровка прибора была проведена по индию ($T_{пл.}$=156,6 °С, ΔH_f =28,71 Дж/г). Расчетные данные были получены с использованием программного обеспечения фирмы Shimadzu.

Результаты и их обсуждение

Эмульсионные жировые продукты типа «масло в воде», такие как молоко, сливки и мороженое, майонез стабилизированы за счет уменьшения среднего размера глобулы жира дисперсной фазы и адсорбции на их поверхности молочных белков.

Мороженое представляет собой многокомпонентный и многофазный продукт, содержащий в том числе глобулы молочного жира, кристаллы сахара и льда и пузырьки воздуха.

Для изучения применимости метода ДСК для исследования состава мороженого были отобраны четыре образца с различной массовой долей молочного и растительного жиров.

Сравнение кривых ДСК образцов представлено на рис. 1.

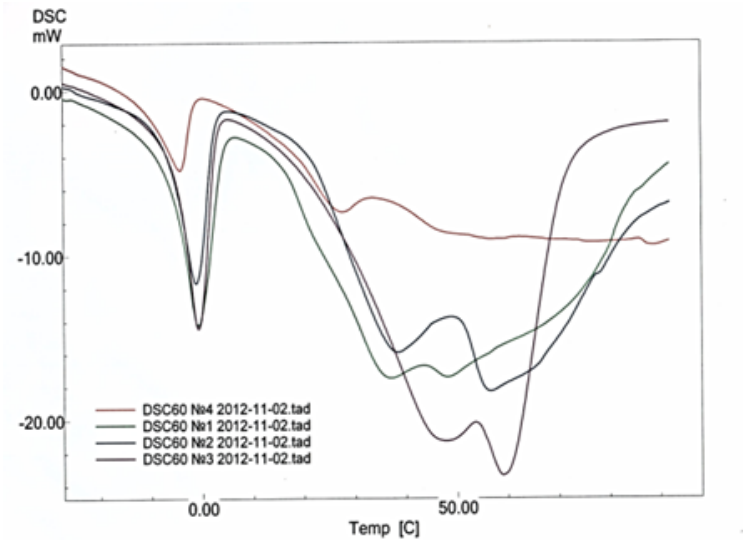


Рисунок 1 – Кривые ДСК образцов мороженого

При анализе кривых можно отметить наличие трех эндоэффектов. Количественные отличия кривых ДСК представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры кривых ДСК образцов мороженого

Образец, его жирность, %	Температура максимума эндоэффекта, °С			Энтальпия эндоэффекта, Дж/г		
	I	II	III	I	II	III
1 (5/2,5)	−0,8	46,5	58,8	130	1100	
2 (17/5)	−0,8	37,0	48,2	112	782	
3 (8/8)	−1,1	37,2	56,6	105	827	
4 (15/15)	−4,2	27,6	56,8	52,1	32,2	23,8

Из сопоставления кривых ДСК следует, более близки по природе образцы 1–3, как по температуре максимума эндоэффектов, так и по их тепловому эффекту. Образец 4 («Пломбир» 15 %) достоверно отличается по температуре максимума первого (плавление замороженного раствора) и второго (плавление низкоплавкого триглицерида) эндоэффектов. К тому же энтальпия второго и третьего эндоэффектов примерно в 40 раз меньше, чем у остальных образцов. Эти отличия можно связать с различием в рецептурном составе – у первых трех образцов в составе находится сахароза, а у четвертого – более дешевый глюкозо-фруктозный сироп.

Второй эндоэффект образца 1 и третий эндоэффект образца находятся в области плавления пальмового стеарина. Природа эндоэффекта III у образцов 1, 3 и 4 требует дополнительного изучения. Таким образом, методом ДСК можно получить информацию о жировой фазе с массовой долей 2,5 %.

Сливки представляют собой концентрированную эмульсию молочного жира в водной фазе [6].

Сравнение кривых ДСК для образцов сливок 10 и 20 % жирности представлено на рис. 2.

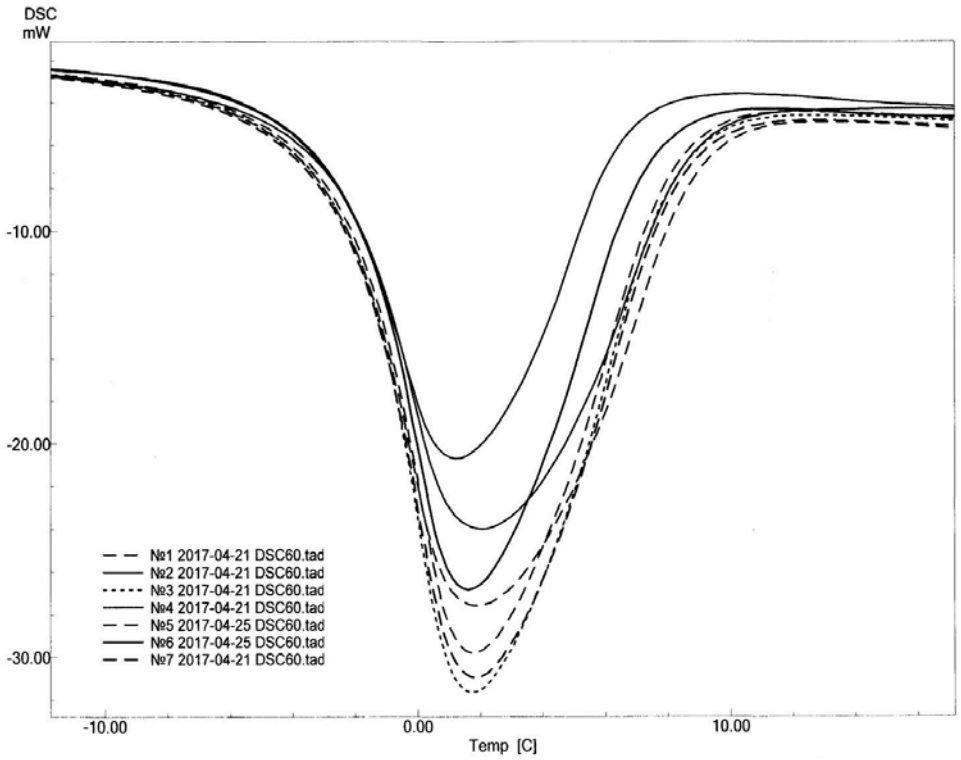


Рисунок 2 – кривые ДСК образцов сливок
1 – «Простоквашино» 10 %; 2 – «Простоквашино» 20 %; 3 – «Домик в деревне» 10 %;
4 – «Домик в деревне», 20 %; 5 – «Valio», 10 %; 6 – «Valio» 20 %;
7. «Суперпастеризованные», 10 %.

Кривые качественно отличаются друг от друга, что предполагает различия в их составе. Количественное сравнение кривых ДСК образцов представлено в табл. 2.

Таблица 2 – сравнение кривых ДСК образцов 10 и 20 % сливок

Параметр процесса плавления	Образец сливок	
	10 %	20 %
Начало, °С	−2,36±0,46	−2,67±0,94
Пик, °С	1,8±0,18	1,6±1,0
Окончание, °С	8,47±0,57	7,7±2,9
Тепловой эффект, Дж/г	−228±15	−175±77

Сопоставляя данные, представленные в табл. 2, можно отметить следующее:

1) Суперпастеризация сливок не сказывается на параметрах процесса их плавления.

2) Образцы сливок с 10%-ной жирностью характеризуются меньшим разбросом значений, чем сливки с массовой долей жира 20 %;

3) Тепловой эффект плавления сливок с 20%-ной жирностью оказался неожиданно меньше удельной теплоты плавления сливок с 10%-ной жирностью – соответственно 175 Дж/г против 228 Дж/г у 10 % сливок. Полученные данные требуют проведения дополнительных исследований состава жировых шариков, поскольку этот факт можно объяснить их различным составом, что в литературе не описано. (Возможно, это могло быть связано с введением в их состав растительных жиров с массовой долей 50 %, наличие которых методом ДСК в данном случае не распознается [7]).

Таким образом, метод ДСК позволяет идентифицировать молочные сливки жирностью 10 и 20 % по величине удельной теплоты плавления жировой эмульсии.

Сметана. Анализ кривых ДСК образцов сметаны позволил разбить исследуемые образцы на две группы, которые представлены на рис. 3. Совпали кривые ДСК для образцов «Брест-Литовск», «Президент» 30 % и «Президент» 15 %.

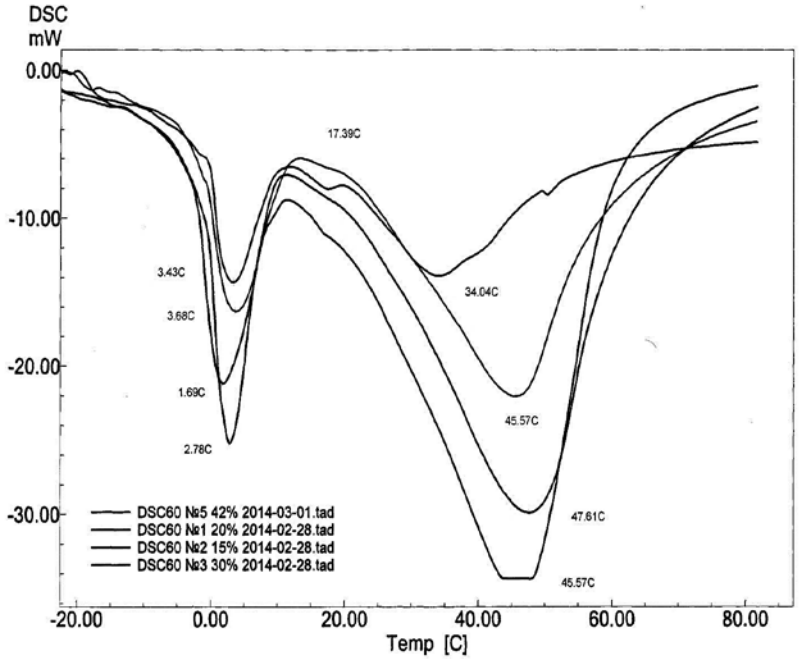


Рисунок 3 – Кривые ДСК образцов сметаны

При взвешивании остатка образца после опыта было установлено, что масса остатка прямо пропорциональна заявленной жирности сметаны, что следует из рис. 4.

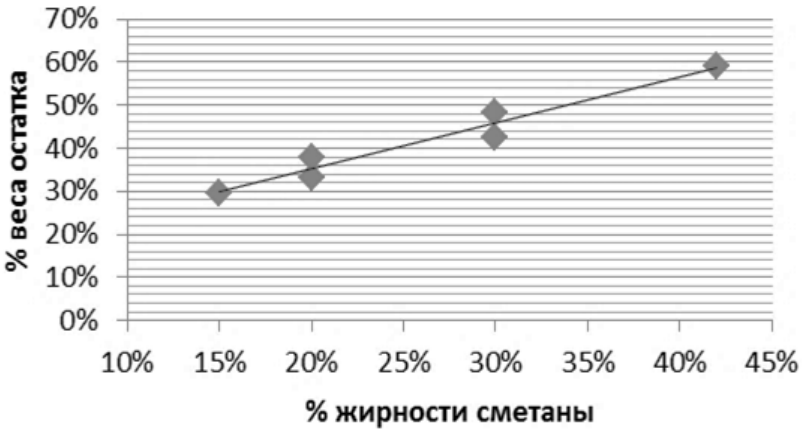


Рисунок 4 – Зависимость массы остатка от жирности образца

Из анализа кривых ДСК можно сделать следующие предположения. Первый эндоэффект связан с плавлением льда. Второй эндоэффект связан с испарением воды и в конечном итоге получается только жировая часть сметаны. Причем на эндоэффект испарения воды могут накладываться эндоэффекты фазовых превращений пальмового масла, что отмечалось на кривых ДСК спредов [3]. В случае образцов сметаны «Деревенская» и «Белый замок» наблюдается такая суперпозиция, что дает основание предположить наличие у этих образцов пальмового масла.

Молочные консервы представляют собой концентрированные эмульсии.

1. ***Молоко концентрированное стерилизованное.*** Сравнение кривых ДСК для образцов молока стерилизованного представлено на рис. 5.

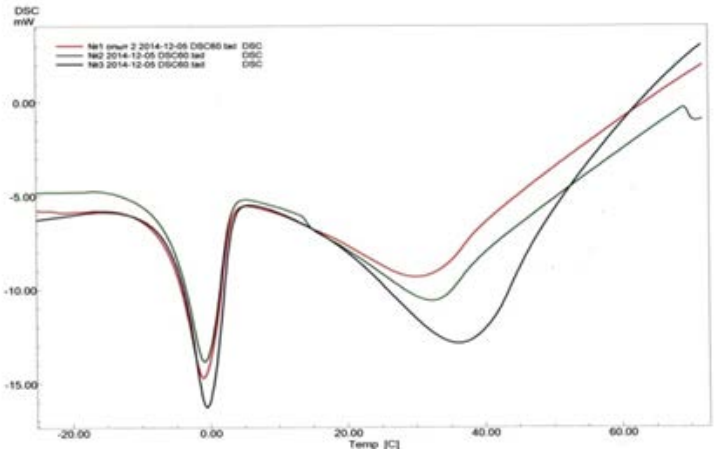


Рисунок 5 – Кривые ДСК образцов молока стерилизованного

Количественные отличия кривых ДСК представлены в табл. 3. Для сопоставления выбрали области плавления воды и плавления высокотемпературных глицеридов, где наблюдаются наиболее интенсивные фазовые переходы.

Таблица 3 – Параметры кривых ДСК образцов молока стерилизованного

<table>
<tr><th rowspan="2">Наименование</th><th rowspan="2">Массовая доля жира, %</th><th colspan="2">Среднее значение температуры максимума эндоэффекта, °С</th><th rowspan="2">Температура плавления, °С</th><th colspan="2">Энтальпия эндоэффекта, Дж/г</th><th rowspan="2">Энтальпия плавления, Дж/г</th></tr>
<tr><th>I</th><th>II</th><th>I</th><th>II</th></tr>
<tr><td>«Экстра» ТМ «Молочная страна»</td><td rowspan="3">7,8–8,7</td><td rowspan="3">−0,8±0,3</td><td rowspan="3">32,8±1,9</td><td rowspan="2">молока, −0,54 °С [5]</td><td rowspan="4">−107,9±3,7</td><td rowspan="4">−477,9±95,8</td><td rowspan="2">льда −334 [7]</td></tr>
<tr><td>ТМ «Лента»</td></tr>
<tr><td>ТМ «Рогачевъ»</td><td rowspan="2">безводного молочного жира 34 °С [6]</td><td rowspan="2">безводного молочного жира −72,8 [6]</td></tr>
<tr><td colspan="5">–</td></tr>
</table>

Из представленных данных следует, что температуры максимумов двух наблюдаемых эндоэффектов близки к температурам плавления молока и температуре окончательного плавления молочного жира. Но в то же время величины этих тепловых эффектов существенно отличаются от энтальпий плавления льда и безводного молочного жира. Это можно объяснить наличием межмолекулярного взаимодействия между компонентами молока.

2. ***Сгущенное молоко с сахаром, вырабатываемое по ТУ***. Сравнение кривых ДСК для образцов сгущенного молока, вырабатываемого по ТУ, представлено на рис. 6.

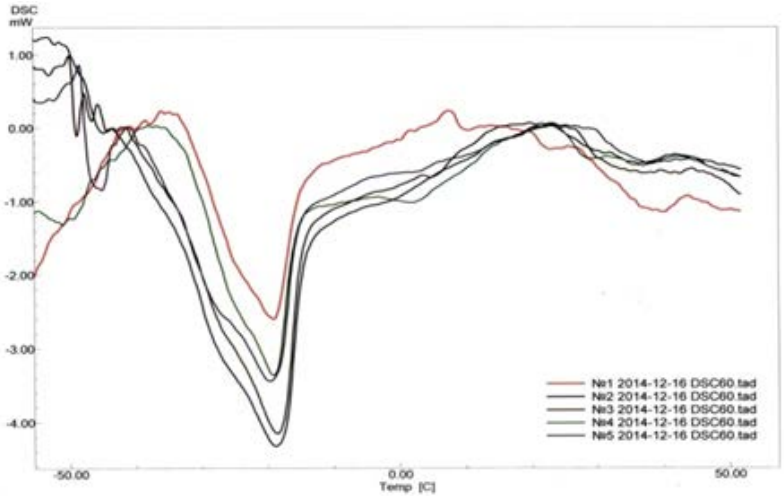


Рисунок 6 – Кривые ДСК образцов сгущенного молока, вырабатываемого по ТУ

Как следует из рис. 6, кривые ДСК образцов качественно отличаются друг от друга. Количественные отличия кривых ДСК представлены в табл. 4.

Из представленных данных следует, что температуры максимумов I эндоэффекта значительно ниже, чем у температур плавления молока и стерилизованного молока. Очевидно, это связано с наличием в системе сахарного сиропа. Температуры максимумов II эндоэффекта у ТМ «Сгустена», ТМ «Тяжин», «Юбилейная» ТМ «Главпродукт» близки к температуре окончательного плавления молочного жира. Но в то же время величины этих тепловых эффектов существенно меньше от энтальпий плавления льда и безводного молочного жира. Это можно объяснить иным характером межмолекулярного взаимодействия между компонентами молока, растительных жиров и сахарозы.

У всех исследуемых образцов молока сгущенного, вырабатываемого по ТУ, кроме ТМ «Белогорье», в составе указано наличие растительных жиров от 40 до 50 %, причем температуры максимумов наблюдаемых эндоэффектов «Столичная» ТМ «Главпродукт» и ТМ «Белогорье» совпадают.

3. ***Молоко цельное сгущенное с сахаром, вырабатываемое по ГОСТ.*** Сравнение кривых ДСК для образцов молока цельного сгущенного с сахаром, вырабатываемого ГОСТ, представлено на рис. 7.

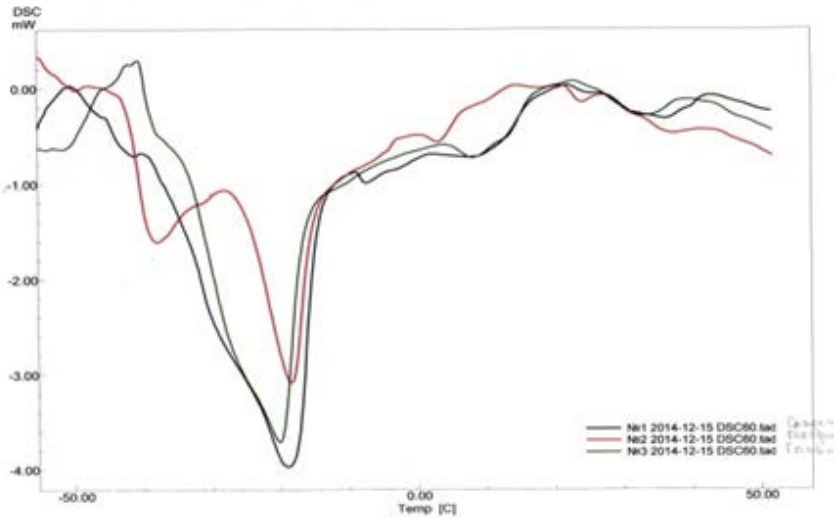


Рисунок 7 – Кривые ДСК образцов молока цельного сгущенного с сахаром, вырабатываемого по ГОСТ

Таблица 4 – Параметры кривых ДСК образцов сгущенного молока с сахаром, вырабатываемого по ТУ

Наименование	Массовая доля жира, %	Температура максимума эндоэффекта, °С			Температура плавления, °С	Энтальпия эндоэффекта, Дж/г			Энтальпия плавления, Дж/г
		I	II	III		I	II	III	
«Столичная» ТМ «Главпродукт»	8,5	−18,6	10,0	42,5	молока, −0,54 °С [8]	−31,1	−0,2	−2,2	льда −334 [8]
«Юбилейная» ТМ «Главпродукт»		−19,8	37,8	–		−28,3	−1,2	–	
ТМ «Сгустена»		−19,1	37,0	–	безводного молочного жира 34 °С [9]	−20,4	−2,1	–	безводного молочного жира −72,8 [9]
ТМ «Тяжин»		−18,9	36,4	–		−36,2	−1,9	–	
ТМ «Белогорье»		−19,1	10,6	40,2		−17,1	−0,4	−2,4	
Среднее значение		−19,1 ±0,3	20,4 ±14	41,4 ±1,2		−26,6 ±6,3	−1,2 ±0,7	−2,3 ±0,1	

Количественные отличия кривых ДСК представлены в табл. 5.

Из представленных данных следует, что температуры максимумов III эндоэффекта близки к температуре окончательного плавления молочного жира и ниже III максимума, аналогичного продукта, с добавлением жиров растительного происхождения (табл. 4). Величины тепловых эффектов образцов молока сгущенного с сахаром с молочным жиром и растительными жирами (табл. 4 и 5) находятся в пределах ошибки измерений.

Таблица 5 – Параметры кривых ДСК образцов молока цельного сгущенного с сахаром, вырабатываемого ГОСТ жирностью 8,5 %

Наименование	Температура максимума эндоэффекта, °С			Температура плавления, °С	Энтальпия эндоэффекта, Дж/г			Энтальпия плавления, Дж/г
	I	II	III		I	II	III	
ТМ «Сладеж»	−19,1	−7,5	36,2	молока −0,54 °С [8]	−25,7	−3,1	−1,7	льда −334 [10]
ООО «Гагаринское молоко»	−18,6	2,9	37,4		−8,6	−0,5	−1,0	
«Экстра» ТМ «Главпродукт»	−20,2	8,1	33,8	безводного молочного жира 34 °С [9]	−24,9	−1,6	−1,3	безводного молочного жира −72,8 [9]
Среднее значение	−19,3 ±0,6	1,2 ±5,0	35,8 ±1,3		−19,7 ±7,6	−1,7 ±0,9	−1,3 ±0,3	

4. ***Сливки сгущенные с сахаром.*** Сравнение кривых ДСК для образцов сливок сгущенных представлено на рис. 8.

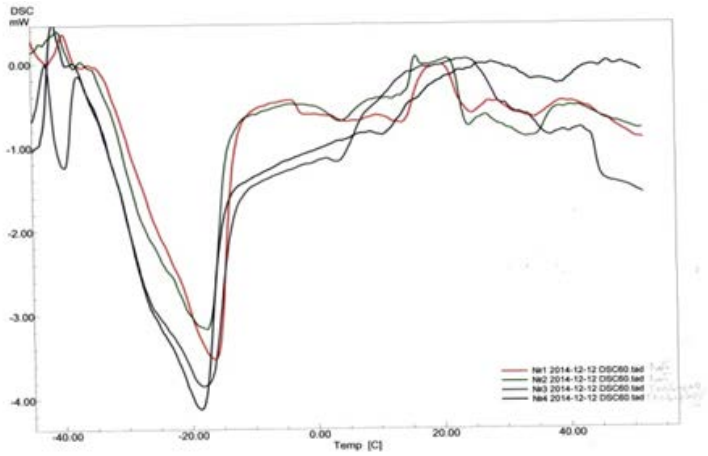


Рисунок 8 – Кривые ДСК образцов сливок сгущенных

Количественные отличия кривых ДСК представлены в табл. 6.

Сравнивая данные табл. 5 и 6, отметим, что увеличение массовой доли молочного жира в два раза повысило среднее значение температуры первого эндоэффекта на 1,6 °С, второго – 6,6 °С, в то время как значение третьего эндоэффекта осталось без изменений. Отметим также, что возросли, но меньше чем в два раза, средние значения величин эндоэффектов. Но в то же время величины этих тепловых эффектов существенно отличаются от энтальпий плавления льда и безводного молочного жира. Причем температуры максимумов эндоэффекта III (окончательного плавления молочного жира) близки у образцов ТМ «Сгустена» и «Любимое молоко», а также у образцов «Деревенские» ТМ «Главпродукт» и «Славянские» ТМ «Главпродукт». Основываясь на данных температур плавления молочного жира и пальмового масла, можно предположить, что у образцов с более низкой температурой плавления в составе преобладает молочный жир, а у высокоплавких – пальмовый стеарин.

Таблица 6 – Параметры кривых ДСК образцов сливок сгущенных жирностью 19 %

Наименование	Температура, °С				энтальпия, Дж/г			
	максимума эндоэффекта			плавления	эндоэффекта			плавления
	I	II	III		I	II	III	
ТМ «Сгустена»	−16,4	13,5	34,7	молока −0,54 °С [8]	−24,2	−4,5	−3,0	льда −334 [10]
«Славянские» ТМ «Главпродукт»	−18,2	3,2	37,2		−29,7	−0,6	−2,2	
«Любимое молоко»	−17,6	3,9	33,4	безводного молочного жира 34 °С [9]	−23,2	−3,2	−4,7	безводного молочного жира −72,8 [9]
«Деревенские» ТМ «Главпродукт»	−18,6	10,7	38,4		−35,2	−0,4	−1,4	
Среднее значение	−17,7 ±0,7	7,8 ±4,3	35,9 ±1,9	–	−28,1 ±4,4	−2,2 ±1,7	−2,8 ±1,0	–

Таким образом, метод ДСК позволяет качественно идентифицировать консервированные молочные продукты с массовой долей молочного жира до 20 % на наличие жиров немолочного происхождения по идентификации эндоэффектов в области 30–40 °С.

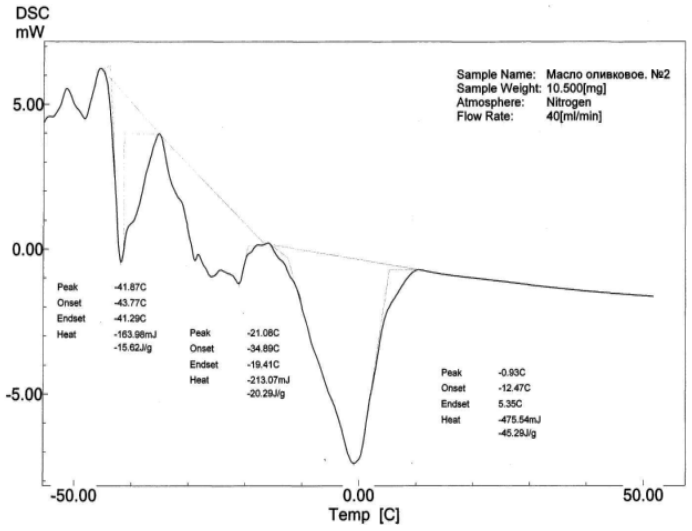
Майонез представляет собой высоконцентрированную эмульсию капель масла (70–80 % по объему) в воде, стабилизированную протеинами яичного белка.

Исследовали образцы майонеза «Оливковый» отечественного производства.

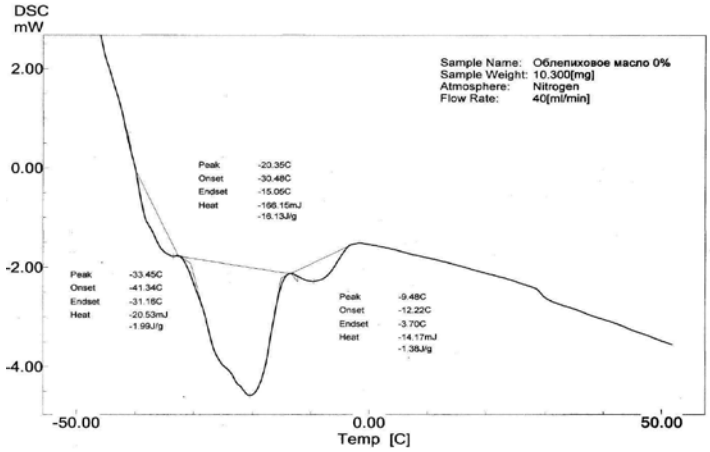
Исследуемые образцы майонеза должны содержать оливковое масло и могут быть фальсифицированы добавлением более дешевых подсолнечного или пальмового масел. Для идентификации подлинности образцов майонеза методом ДСК было необходимо сравнить

кривые ДСК майонеза с кривыми ДСК оливкового масла, подсолнечного масла и пальмового масла. Кривые ДСК оливкового, подсолнечного и пальмового масел представлены на рис. 8.

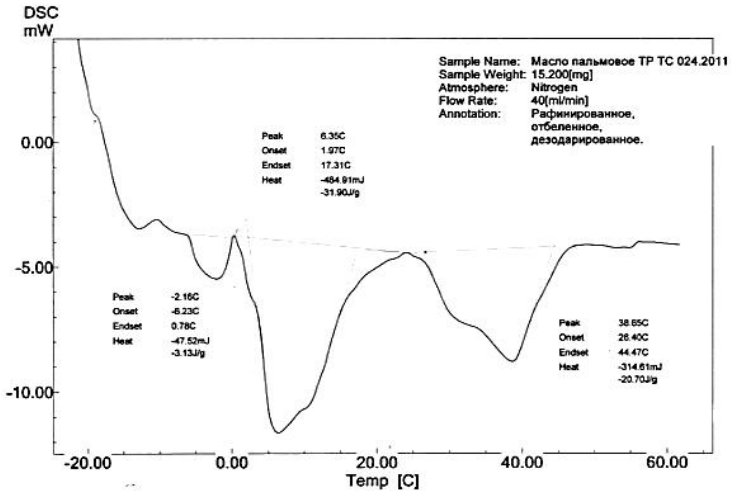
Сравнение кривых ДСК образцов оливкового майонеза представлено на рис. 9.



а) оливковое масло



б) дезодорированное подсолнечное масло



в) пальмовое масло, рафинированное, отбеленное, дезодорированное

Рисунок 8 – Кривые ДСК: а) оливкового, б) подсолнечного, в) пальмового масла

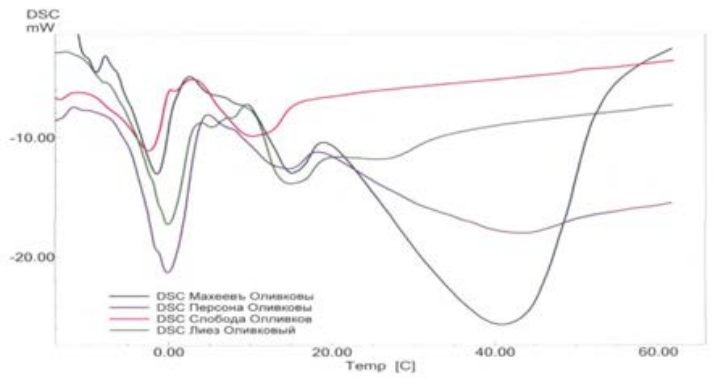


Рисунок 9 – Кривые ДСК образцов оливкового майонеза

Из представленных данных следует, что кривые образцов майонеза «Слобода» и «Лиез», «Махеевъ» и «Персона» совпадают. Причем кривые ДСК образцов «Махеевъ» и «Персона» характеризуются интенсивным эндоэффектом с максимумом в области 40 °С, что дает основание предположить наличие пальмового масла в их составе. При сравнении кривых ДСК оливкового масла, подсолнечного масла и майонеза не обнаружено присутствие оливкового масла ни у одного из образцов. В случае майонезов «Лиез» и «Слобода» наблюдается такая суперпозиция, что дает основание предположить наличие подсолнечного масла в этих образцах.

Из анализа кривых ДСК следует возможность качественной идентификации майонеза на наличие пальмового масла сопоставлением эндоэффектов в области 30–40 °С. Установлено также, что у всех четырех образцов оливкового майонеза отсутствует оливковое масло, причем в майонезах «Махеевъ» и «Персона» в составе присутствует пальмовое масло, а в майонезах «Лиез» и «Слобода» – подсолнечное.

Таким образом, метод ДСК позволяет распознавать пальмовый стеарин в эмульсионных молочных продуктах типа «масло в воде» по температуре плавления и по виду кривой ДСК. Наличие концентрированного раствора сахарозы или фруктозно-глюкозного сиропа изменяет характер кривой плавления молочного жира возможно вследствие изменения структуры эмульсии.

Список литературы

1. Союзмолоко. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.souzmoloko.ru/netcat_files/468/665/h_b9d616afb39b27cf7a90c8b7359b6f99.

2. Куликов, С. Импорт пальмового масла в России снова вырос / С. Куликов // Российская газета. – 2017. – 21 марта.

3. Роскачество. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://roskachestvo.gov.ru/researches/maslo-slivochnoe-82-5-zhirnosti.

4. Rossell, B. Oils and Fats / B. Rossell // Dairy Fats. Leatherhead Publishing, Leatherhead, UK, 2003. – Vol. 3. – P. 103–109.

5. DSC and Synchrotron-Radiation X-ray Diffraction Studies on Crystallization and Polymorphic Behavior of Palm Stearin in Bulk and Oil-in-Water Emulsion States / T. Sonoda [et al.] // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 2004. – Vol. 81, no. 4. – P. 365–373.

6. Huppertz, T. Physical Chemistry of Milk Fat Globules / T. Huppertz, A. L. Kelly // Advanced Dairy Chemistry: Lipids, 3rd edition. Edited by P. F. Fox and P. L. H. McSweeney, Springer, New York, 2006. – Vol. 2. – P. 173–212.

7. Буданина, Л. Н. Применение методов термического анализа для идентификации состава эмульсионных жировых продуктов / Л. Н. Буданина, А. Л. Верещагин, Н. В. Бычин // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 40, № 1. – С. 103–108.

8. Горбатова, К. К. Химия и физика молока. – СПб. : ГИОРД, 2004. – 288 с.

9. Ali, M. A. R. Thermal analysis of palm mid-fraction, cocoa butter and milk fat blends by differential scanning calorimetry / M. A. R. Ali, P. S. Dimick // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1994. – Vol. 71. – P. 299–302.

10. Физические величины: Справочник. – М: Энергоатомиздат, – 1991. – 293 с.

УДК 665.3

ВЛИЯНИЕ АРАБИНОГАЛАКТАНА НА СТАБИЛЬНОСТЬ КОНЦЕНТРАТА ОБЛЕПИХОВОГО МАСЛА

А. Л. Верещагин*, Т. А. Болдырева*, Н. В. Горемыкина**
*Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Бийск, Россия
**ЗАО «Алтайвитамины», г. Бийск, Россия

По литературным данным известно, что арабиногалактан – водорастворимый полисахарид, обладающий высокой биологической активностью, благодаря этому нашел широкое применение во многих отраслях промышленности.

В данной работе рассмотрим влияние арабиноглактана на продукты питания. Он хорошо смешивается со всеми видами пищи и напитками, не влияя на вкусовые качества продуктов, обладает высокой термической и гидролитической стабильностью. Поэтому арабиногалактан может использоваться для приготовления пищевых продуктов (йогурт, соки, напитки, сухое молоко, кондитерские изделия и др.) [1, 2, 3, 4, 5].

Известно его использование для увеличения срока хранения и стабильности пищевых продуктов, например, добавление арабиногалактана в кисломолочные продукты и колбасные изделия. Авторами статей [6, 7] отмечено, что при обогащении арабиногалактаном кисломолочных продуктов и колбасных изделий происходит положительное влияние на качественные показатели (в колбасных изделиях снижение критических показателей качества – кислотного и перекисного чисел) и увеличение срока хранения по сравнению с контрольными образцами.

Так как ранее были исследованы 5-ть образцов концентратов облепихового масла методом ускоренного хранения при температурах 25, 30, 35 ºС, были измерены критические показатели качества, полученные результаты обработаны и опубликованы. На основании их, было интересно исследовать, как влияет арабиногалактан на стабильность концентрата облепихового масла, это и является целью работы.

Актуальность данной работы заключается в том, что ранее не известны работы по изучению влияния арабиногалактана на стабильность концентрата облепихового масла.

Объектом исследования служил концентрат облепихового масла, полученный ферментативным гидролизом [8].

Для достижения цели к исследуемому образцу вносили арабиногалактан и/или лецитин-комплекс («Doppel herz», Германия). Для исследования использовали метод ускоренного хранения. Он заключается в выдерживании испытуемого масла при температурах превышающих температуру его хранения в процессе обращения [9]. В течение месяца было определено титриметрическим методом перекисное число согласно ОФС.1.2.3.0007.15 [10].

С помощью реализации вышеизложенных методов исследования, были получены следующие результаты.

Были проведены две серии опытов: в первую добавляли к концентрату облепихового масла только арабиногалактан, а во вторую – арабиногалактан и лецитин-комплекс. Исходное значение перекисного числа у концентрата облепихового масла до обработки ультразвуком составило 3,8 ммоль/ кг ½ О.Далее полученные образцы выдерживали при температуре 30 ºС в течение 3-х недель.

В первой серии опытов, были исследованы три образца концентрата облепихового масла, обогащенные арабиногалактаном в соотношении 1:5; 1:10 и 1:20 соответственно. Далее образцы были обработаны ультразвуком на аппарате УЗ технологический УЗТА 0,63/22-0 «Волна». Параметры процесса: мощность 100 ВА, время – 5 мин. После обработки образцы выдерживали при температуре 30 ºС. Полученные результаты обработаны методом

наименьших квадратов в программе Microsoft Office Excel 2007 и представлены графически на рисунке 1.

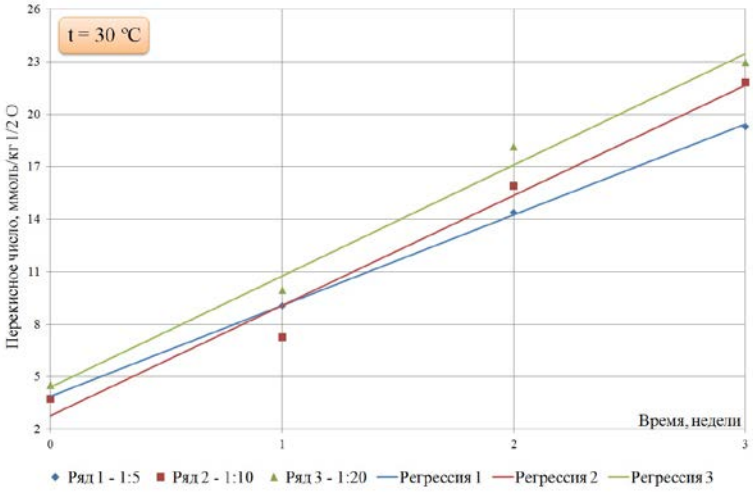


Рисунок 1 – Динамика изменения перекисного числа концентрата облепихового масла с арабиногалактаном

Как видно из рисунка 1, изменения перекисного числа у образцов концентрата облепихового масла сразу после обработки ультразвуком не значительны по сравнению с исходным значением.

Результаты регрессионного анализа, по которым составлены уравнения зависимостей изменения перекисного числа от времени представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Регрессионный анализ образцов концентрата облепихового масла с арабиногалактаном

Экспериментальные данные				
X	0	1	2	3
$У_{1:5}$	3,80	9,09	14,39	19,32
$У_{1:10}$	3,76	7,27	15,91	21,84
$У_{1:20}$	4,55	9,99	18,18	22,99
Теоретические данные. Линия регрессии				
$Y_{t1:5}$	3,871	9,057	14,243	19,429
$Y_{t1:10}$	2,763	9,051	15,339	21,627
$Y_{t1:20}$	4,401	10,752	17,103	23,454
Коэффициенты уравнений и регрессии				
$a_{1:5}$	$b_{1:5}$	$R_{1:5}$		
5,186	3,871	0,999853		
$a_{1:10}$	$b_{1:10}$	$R_{1:10}$		
6,288	2,763	0,988718		
$a_{1:20}$	$b_{1:20}$	$R_{1:20}$		
6,351	4,401	0,995132		
Полученные уравнения				
$y_{1:5} = 5,186 \cdot x + 3,871$				
$y_{1:10} = 6,288 \cdot x + 2,763$				
$y_{1:20} = 6,351 \cdot x + 4,401$				

Согласно результатам таблицы 1, самый маленький коэффициент регрессии у образца 1:10.

Во второй серии опытов, были исследованы три образца концентрата облепихового масла, обогащенные арабиногалактаном в тех же соотношениях. При этом ко всем образцам был добавлен лецитин-комплекс в количестве 0,35; 0,4 и 0,41 г соответственно. Далее образцы были обработаны ультразвуком на аппарате УЗ технологический УЗТА 0,63/22-0 «Волна». Параметры процесса те же. После обработки образцы выдерживали при температуре 30 ºС. Полученные результаты обработаны методом наименьших квадратов в программе Microsoft Office Excel 2007 и представлены графически на рисунке 2.

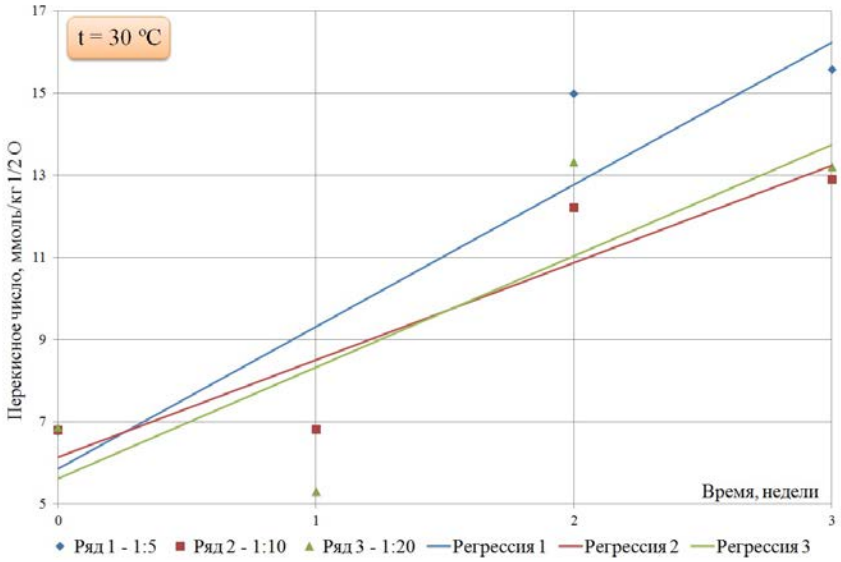


Рисунок 2 – Динамика изменения перекисного числа концентрата облепихового масла с арабиногалактаном и лецитин-комплексом

Результаты регрессионного анализа, по которым составлены уравнения зависимостей изменения перекисного числа от времени представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Регрессионный анализ образцов концентрата облепихового масла с арабиногалактаном и лецитином

Экспериментальные данные				
X	0	1	2	3
$У_{1:5}$	6,77	6,82	15,00	15,58
$У_{1:10}$	6,81	6,82	12,22	12,90
$У_{1:20}$	6,87	5,30	13,33	13,21
Теоретические данные. Линия регрессии				
$Y_{t1:5}$	5,851	9,312	12,773	16,234
$Y_{t1:10}$	6,137	8,504	10,871	13,238
$Y_{t1:20}$	5,620	8,325	11,030	13,735
Коэффициенты уравнений и регрессии				
$a_{1:5}$		$b_{1:5}$	$R_{1:5}$	
3,461		5,851	0,909942	
$a_{1:10}$		$b_{1:10}$	$R_{1:10}$	
2,367		6,137	0,918073	

Продолжение таблицы 2

$a_{1:20}$	$b_{1:20}$	$R_{1:20}$
2,705	5,620	0,831903
Полученные уравнения		
$y_{1:5} = 3,461 \cdot x + 5,851$		
$y_{1:10} = 2,367 \cdot x + 6,137$		
$y_{1:20} = 2,705 \cdot x + 5,620$		

Согласно результатам таблицы 2, самый маленький коэффициент регрессии у образца 1:20.

Таким образом, в первой серии опытов, лучшим образцом из всех является с соотношением арабиногалактана к концентрату облепихового масла 1:10 соответственно.

Во второй серии опытов, самыми оптимальными показателями обладает образец 1:20.

На основании результатов предыдущих исследований методом ускоренного хранения концентрата облепихового масла, было замечено, что при добавлении только арабиногалактана значения перекисного числа снизились в 2 раза, а при обогащении арабиногалактаном и лецитин-комплексом значения критического показателя уменьшились в 3 раза. Также было подмечено, что совместное использование арабиногалактана с лецитином-комплексом лучше влияет на стабильность концентрата облепихового масла.

Список литературы

1. Завезенова, И. В. Йогуртный кисломолочный продукт, обогащенный функциональной добавкой арабиногалактан / И. В. Завезенова // Технические науки. Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6. – С. 29–32.

2. Медведева, Е. Н. Арабиногалактан лиственницы – свойства и перспективы использования (обзор) / Е. Н. Медведева, В. А. Бабкин, Л. А. Остроухова // Химия растительного сырья. – № 1, 2003. – С. 27–37.

3. Решетник, Е. И. Исследование возможности обогащения кисломолочных продуктов пищевой добавкой «Лавитол-арабиногалактан» / Е. И. Решетник, Е. А. Уточкина, А. П. Покусина // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – № 2. – С. 1–5.

4. Loosveld, AM. A. The effect of larch arabinogalactan on mixing characteristics of wheat flour dough / AM. A. Loosveld, J. A. Delcour // Cell and Developmental Biology of Arabinogalactan-Proteins. – 2000. – С. 293. DOI: 10.1007/978-1-4615-4207-0_39.

5. Manufacture of prebiotics from biomass sources / P. Gullón [et al.] // Prebiotics and Probiotics Science and Technology. – 2009. – С. 535–589. DOI: 10.1007/978-0-387-79058-9_14.

6. Тихонов, С. Л. Пищевая добавка арабиногалактан в производстве колбасных изделий / С. Л. Тихонов // Производство продуктов питания нового поколения. – 2017. – С. 446–447.

7. Решетник, Е. И. Кисломолочный продукт с пролонгированным сроком хранения / Е. И. Решетник, Е. А. Уточкина // Вестник ВСГУТУ. – 2013. – № 6(45). – С. 112–116.

8. Исследование системы облепиховое масло, полученное ферментативным гидролизом с подсолнечным маслом, методом дифференциальной сканирующей калориметрии / А. Л. Верещагин, Н. В. Горемыкина, Н. В. Бычин, Ю. А. Кошелев // Южно-Сибирский научный вестник. – 2013. – № 1(3). – С. 72–74.

9. ОФС.1.1.009.15 Сроки годности лекарственных средств. – М.: Министерство здравоохранения РФ, 2015. – 15 с.

10. ОФС.1.2.3.0007.15 Перекисное число. – М.: Министерство здравоохранения РФ, 2015. – 3 с.

УДК 637.1:663.91.01

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОДЛИННОСТИ ЭМУЛЬСИОННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ТИПА «ВОДА В МАСЛЕ» МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

А. Л. Верещагин*, И. Ю. Резниченко**, Н. В. Бычин*, Л. Н. Буданина*
*Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», г. Бийск, Россия
**Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Сливочное масло является не только важнейшим продуктом сохранения липидов молока, но и в то же время самым дорогостоящим продуктом его переработки. В свою очередь сливочное масло является исходным сырьем для производства фракций молочного жира, безводного молочного жира (топленого масла), спредов различного состава представляющих собой эмульсию типа «вода в масле».

Молочный жир представляет собой сложную и изменчивую смесь глицеридов, в состав которых входит более 500 отдельных жирных кислот [1]. Даже если взять во внимание 15 наиболее распространенных жирных кислот, то для них возможно 3375 (15^3) триглицеридных структур. Такой сложный состав в высшей степени затрудняет их идентификацию. Диапазон значений температуры плавления составляющих молочный жир триглицеридов лежит в диапазоне от минус 40 до 72 °С. Однако диапазон температур плавления самого молочного жира составляет от -40 до 37 °С, поскольку считают, что более тугоплавкие ТГ растворяются в расплавах ТГ с более низкой температурой плавления [2]. При любой промежуточной температуре молочный жир представляет смесь твердой и жидкой фаз. К тому же состав жира зависит от времени года, региона, рациона питания и стадии лактации. Это также затрудняет применение физических методов для анализа молочного жира.

Сложившийся дефицит молочного жира привел к выпуску продукции с его пониженным содержанием. Для этой цели использовали спреды с повышенным содержанием воды, однако их срок хранения составлял 10-14 суток, что не устраивало торговые организации [1, p. 32] (в РФ к ним относится масло «чайное жирностью 50 %).

Добавление тропических растительных жиров (главным образом пальмовое масло или его фракции) к маслу повышает срок хранения и снижает стоимость.

В пальмовом масле выделяют две основные фракции. Олеин – жидкая фракция пальмового масла с температурой плавления 19-24 С. Стеарин – твёрдая фракция пальмового масла с температурой плавления 47-54°С. Кроме олеина и стеарина, существуют и другие фракции пальмового масла, например, суперолеин или олеин двойного фракционирования (температура плавления 13-17 С), средняя фракция – 32-38 С [3].

Однако однозначное определение введение растительных жиров в молочном по наличию фазы, плавящейся при более высокой температуре в настоящее время затруднительно. Во-первых, система сливочное масло – пальмовое масло не изучена методами термического анализа (не исключено образование эвтектических смесей глицеридов). Во-вторых, введение в рацион питания кормов обогащенных растительными жирами (шротом сои, подсолнуха) приводит к превращению ненасыщенных кислот С18:2 и С18:3 в насыщенные С18:0 [1, p. 39], что должно привести к образованию триглицеридов с более высокой температурой плавления.

Использование метода дифференциального термического анализа применительно к пищевым жирам [4] ограничено рабочим диапазоном температур – от 20 ºС, что не позволяет изучать процессы с низкоплавкими триглицеридами. Метод ДСК позволяет изучать процессы в диапазоне температур от минус 150 ºС до плюс 500 ºС, охватывая процессы плавления и фазовые переходы всех компонентов молочного жира.

Теоретическое обоснование достоверности применения методов ДТА и ДСК для изучения эмульсий представлено в работе [5].

Метод ДСК продемонстрировал применимость к изучению таких сложных эмульсионных продуктов как двойные эмульсии типа «вода в масле в воде» (WOW) [6], восстановленное сливочное масло [7], эмульсии шоколадного масла в сахарном сиропе [8] и эмульсионных взрывчатых веществ типа «вода в масле» для определения их состава [9].

Метод дифференциальной сканирующей калориметрии можно применять для обнаружения отклонений сливочного масла от заявленного состава. Это основано на отличии теплоемкости и температур фазовых переходов молочного жира, растительных жиров и воды.

Целью данной работы является изучение возможности применения метода дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для определения состава и подлинности эмульсионных жировых продуктов на основе молочного жира типа «вода в масле».

Объекты исследования

Сливочное масло. Объектами исследования были образцы импортного, отечественного (ГОСТ Р 52969-2008) масла сливочного, приобретенные в розничной торговле Алтайского края жирностью 79 и 82,5 %: «FIN» (АО «Valio», Финляндия), «Из Вологды» – сливочное Традиционное» (ОАО «Учебно-опытный молочный завод» ВГМХА им. Н.В. Верещагина), «Брюкке» (ООО "Брюкке", Немецкий национальный район, Алтайский край); масло самодельное, сладкосливочное, полученное методом сбивания (Бийский район Алтайского края); масло сливочное (маслосырзавод с. Камышенка. ООО АКХ Ануйское Петропавловского района (Алтайский край); «Lupark» кисло-сливочное слабосоленое (Arla Food samba, DK-8260, Vibyj, Дания). «Anchor» (Новая Зеландия).

Для сравнения был взят и образец пальмового масла – масло пальмовое рафинированное отбеленное дезодорированное. Поставщик ЗАО «Жировой комбинат» импортер: Малайзия, реализуемое на территории Алтайского края под названием «жир специального назначения» ТУ 9142-037-00333530-08.

Масло сливочное топленое. Масло топленое сливочное , Алтай, г. Заринск ООО " Холод" ГОСТ 32262-2013.

Молочно-растительные спреды. Объекты исследования «сливочное масло» жирностью 72,5 % ГОСТ Р 52969–2008: сливочное масло «Крестьянское», ООО «Холод» (Россия, Алтайский край, г. Заринск); масло коровье крестьянское сладко-сливочное несоленое «Майминское», высший сорт, ООО «Сибирское масло» (Россия, НСО, пос. Краснообск», ГНУ СибНИИЗХим РАСХН); масло сладко-сливочное «Крестьянское» несоленое, высший сорт, ЗАО «Барнаульский молочный комбинат» (Россия, г. Барнаул,); масло сливочное «Крестьянское», ООО «Алтайская буренка» (Россия, Алтайский край, Зональный район, с. Буланиха); масло коровье крестьянское сладко-сливочное «Чарышское», высший сорт, ООО «Сибирское масло» масло из коровьего молока сладко-сливочное соленое крестьянское «Солонешное», ООО «Алтайское масло» (г. Бийск).

Шоколадное масло. Объектами исследования были образцы шоколадного масла и спреды отечественного производства: Масло сливочное шоколадное ГОСТ 32899-2014: ТМ Белый замок ООО "Холод" и ООО "Лидер" и спред шоколадный: "Шоколадное" ТМ Престол, ООО "Фабрика Фаворит", шоколадный ООО "Алтайское масло".

Методы исследования.

Дифференциальная сканирующая калориметрия. Процесс плавления образцов масла изучался методом дифференциальной сканирующей калориметрии на приборе DSC-60 (Shimadzu, Япония). Масса навески составляла 10,0±0,5 мг. Измерительная ячейка охлаждалась жидким азотом до температуры минус 100 °С. Опыты проводили в температурном диапазоне минус 100 °С – 50 °С при скорости нагревания 10 °С/мин. Опыты проводились в среде азота, расход газа составлял 40 см^3/мин. Для балансировки системы использовался α-кварц. Калибровка прибора была проведена по индию ($T_{пл.}$=156,6 °С, ΔH_f=28.71 Дж/г). Расчетные данные были получены с использованием программного обеспечения DSC-60.

Метод синхронного термического анализа ДТА-ТГА. Исследование фазовых переходов производилось методом ДТА-ТГА на приборе модели Shimadzu-60 фирмы Shimadzu (Япония) при следующих условиях. Использовался азот 99.999 % степени чистоты и пропускался со скоростью ~40 см^3/мин. Масса навески составляла 10,0±0,5 мг. Опыты проводили в температурном диапазоне от 20 ^{0}С до 500 ^{0}С при скорости нагревания 10 ^{0}С/мин. в среде азота, расход газа составлял 40 см^3/мин. Калибровка прибора была проведена по индию ($T_{пл.}$=156,6 ^{0}С, ΔH_f =28,71 Дж/г). Расчетные данные были получены с использованием программного обеспечения фирмы Shimadzu.

Термомеханический анализ. Исследование механических свойств проводился методом пенетрации на термомеханичесом анализаторе модели ТМА-60 (фирма «Shimadzu», Япония). Исследуемый образец помещался в чашечку диаметром 15 мм высотой 2 мм. Пенетрация проводилась индентором диаметром 5 мм со скоростью нагружения индентора 10 г/мин до максимальной нагрузки 400 г. Опыты проводились в атмосфере азота, расход газа 40 см^3/мин, при температуре 20±0,3 ^{0}С. Расчетные данные были получены с использованием программного обеспечения ТМА-60. Проводилось определение усилия сжатия образцов масла сливочного при 50 % деформации. (Погрешность измерения составляет ±10 %).

Органолептические показатели сливочного масла оценивали по 20-балльной шкале в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52969–2008 «Масло сливочное. Технические условия».

Результаты и их обсуждение

Сливочное масло. Известно, что глицериды молочного жира в зависимости от глубины и скорости охлаждения способны кристаллизоваться в трех полиморфных формах: α, β' и β, а при охлаждении до минус 80 °С образовывать стекловидную γ-форму. Так, для молочного жира, первый фазовый переход наблюдается при 0–2° С, второй – при 10–15 °С, третий – при 18–23 °С [10].

Температуры фазовых переходов зависят от состава триглицеридов, который определяется породой скота, временем года, составом кормов и технологическими режимами переработки сырья. Температуры фазовых переходов растительных масел отличаются от температур фазовых переходов молочного жира, что позволяет использовать метод определения температур фазовых переходов для установления подлинности продукта.

Результаты исследования.

Анализ кривых ДСК позволил разбить исследуемые образцы на две группы, которые представлены на рисунках 1 и 2. Совпали кривые ДСК для образцов «Брюкке», «Lupark», «FIN» и АКХ Ануйское.

Такую же форму кривой имел образец сливочного масла полученного вручную. При проведении аналогичного исследования в 2012 г. пальмовое масло не было обнаружено в образцах «Брюке», «FIN» и «Anchor» (Новая Зеландия»).

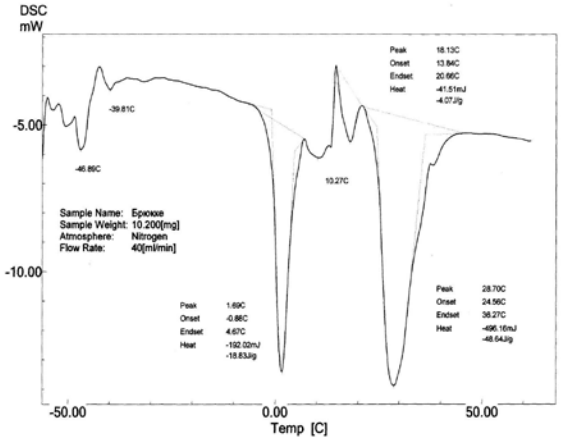


Рисунок 1 – Кривая ДСК образца «Брюкке»

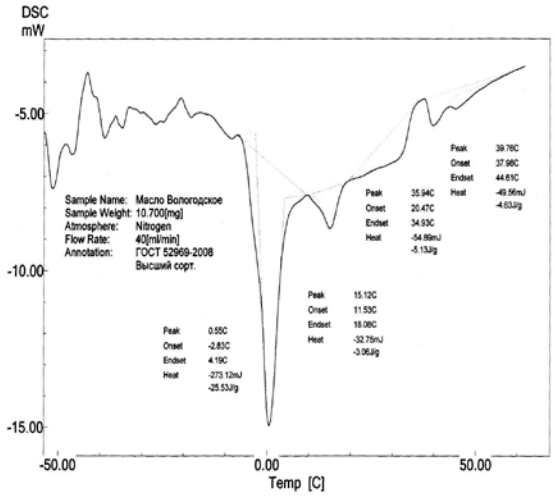


Рисунок 2 – Кривая ДСК образца масла «Традиционное из Вологды»

Значение перекисного числа в образцах масла находилось в диапазоне величин 0,20–2,40 ммоль активного кислорода/кг, и кислотного - 0,42–1,45, что соответствовало требованиям ГОСТ.

Сравнение сливочного масла Алтайского края и Республики Беларусь.

Объектами исследования были 5 образцов сладко-сливочного несоленого масла, следующими торговыми марками: «Алтайское», «Киприно» ООО «Кипринский молочный завод», м.д. жира 82 %; «Белорусское», «Щучинский МСЗ» ОАО «Щучинский МСЗ», республика Беларусь, Гродненская обл., город Щучин, м.д. жира 82,5 %; «Элитное», «Бабушкина крынка» ОАО «Бабушкина крынка», республика Беларусь, город Могилев, м.д. жира 84 %; «Крестьянское», «Лакт», АО «Барнаульский молочный комбинат», м.д. жира 72,5 %; «Брюкке», ООО «Брюкке», Немецкий национальный район, Алтайский край, м.д. жира 82,5 %.

По проведенной органолептической оценке образец масла «Крестьянское», «Лакт», АО «Барнаульский молочный комбинат» был отнесен к I сорту (15 баллов), остальные образцы – к высшему (19 баллов) по 20-ти бальной шкале.

Сравнение кривых ДСК для образцов масла представлено на рис. 3.

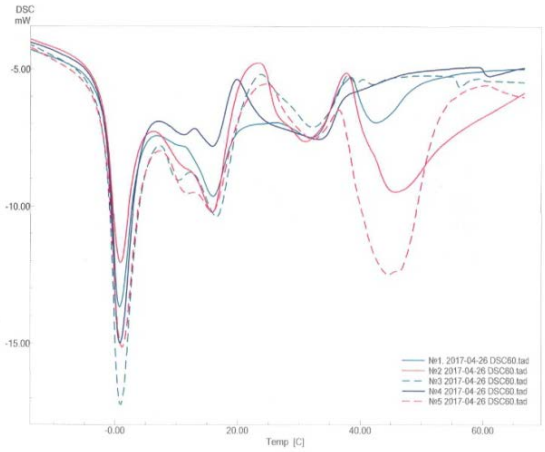


Рисунок 3 – кривые ДСК образцов масла:
1. «Элитное», ОАО «Бабушкина крынка»; 2. «Белорусское», ОАО «Щучинский МСЗ»; 3. «Брюкке», ООО «Брюкке»; 4. «Крестьянское», Лакт, АО «Барнаульский молочный комбинат»; 5 «Алтайское», ООО «Кипринский молочный завод»

Кривые ДСК качественно отличаются друг от друга, что предполагает различие в их составе. Количественное сравнение кривых ДСК образцов представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры конечной стадии процесса плавления

Образец	Параметры процесса плавления последней стадии	
	Температура, °С	Удельная теплота плавления, Дж/г
1. «Элитное»	42,5	7,6
2. «Белорусское»	45,9	34,9
3. «Брюкке»	56,3	0,4
4. «Крестьянское»	61,0	0,7
5. «Алтайское»	44,6	38,3

Принимая во внимание, что температура плавления молочного жира находится в диапазоне значений от 32 до 36 ºС, то можно утверждать что во всех образцах присутствуют более тугоплавкие триглицериды. Однако, учитывая удельную теплоту плавления этих эффектов, то можно полагать, что у образцов 3 и 4 массовая доля примесей незначительна. Возможно, она связана с использованием производителем оборудования для выпуска нескольких видов масложировой продукции. Отметим, что у образцов 1,2 и 5 массовая доля тугоплавких триглицеридов самая высокая, причем, у образца №1 их массовая доля примерно в 4 раза меньше.

Из представленных данных следует, что образцы «Элитное», «Белорусское» и «Алтайское» включают в свой состав тугоплавкие триглицериды. Можно предположить, что их происхождение связано с использованием в рационе питания кормов обогащенных растительными жирами (шротом сои, подсолнечника, кукурузного силоса) приводит к превращению ненасыщенных кислот С18:2 и С18:3 в насыщенные С18:0 [1, p. 39], что должно привести к образованию триглицеридов с более высокой температурой плавления.

Таким образом, изученные образцы сливочного масла производства Республики Беларусь содержат высокоплавкие триглицериды и при этом превосходят аналогичную продукцию Алтайского края по комплексу органолептических показателей.

Безводный молочный жир (топленое масло). Для сравнения был взят образец обезвоженного молочного жира (Масло топленое сливочное, Алтай, г. Заринск ООО "Холод" ГОСТ 32262-2013). Кривая ДСК представлена на рис. 4.

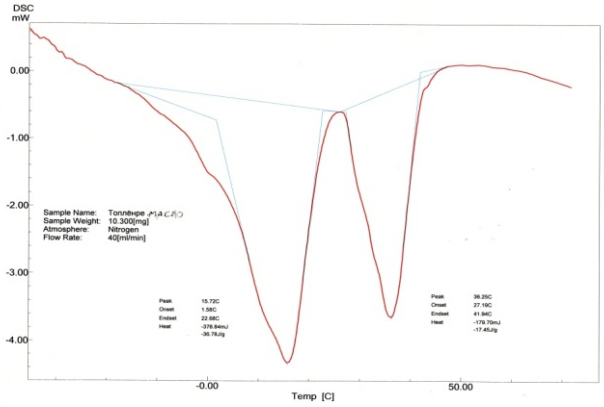


Рисунок 4 – Кривая ДСК обезвоженного молочного жира (топленого масла)

Из представленных данных следует, что кривая ДСК образца обезвоженного молочного жира существенным образом отличается от всех ранее исследованных продуктов

и характеризуется наличием двух эндоэффектов с температурами максимумов 15,7 ºС (36,8 Дж/г) и 36,2 ºС (17,5 Дж/г) соответственно. Это свидетельствует об изменении структуры глицеридов, увеличении доли высокоплавкой фракции молочного жира. Полученные данные согласуются с известными литературными [11].

Спреды сливочного и пальмового масла. Смеси сливочного и пальмового масел заданного состава получали при плавлении на водяной бане.

Сопоставление кривых ДТА/ТГА для образцов пальмового и сливочного масел (82,5 % мдмж) представлено на рис. 5.

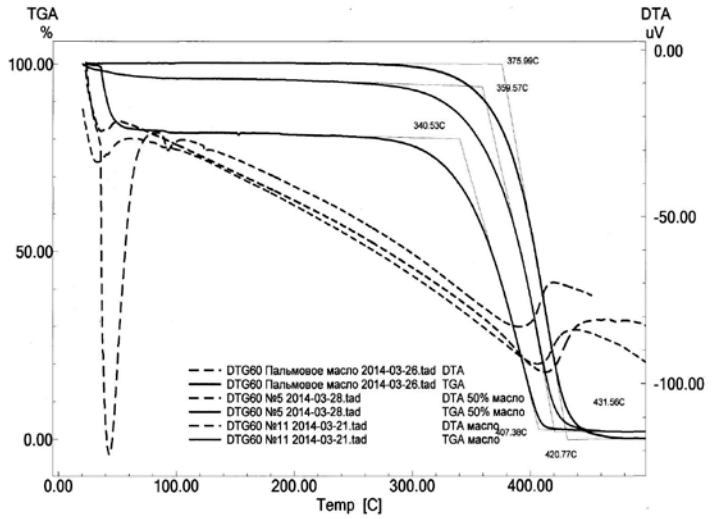


Рисунок 5 – Кривые ДТА/ТГА сливочного и пальмового масел

Кривые качественно отличаются друг от друга. Количественное сопоставление представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры кривых ДТА/ТГА образцов сливочного и пальмового масел

Параметры кривых ДТА	Сливочное масло	Пальмовое масло
Температура плавления, ˚С	34,16	36,46
Энтальпия плавления, Дж/г	1900	259
Температура максимума испарения, ˚С	390	413
Энтальпия испарения, Дж/г	1630	2220
Параметры кривых ТГА		
Потеря массы в диапазоне 20–200 ˚С, %	19,21	0,074
Потеря массы в диапазоне 200–500 ˚С, %	78,55	99,926

Из представленных данных следует, что методом ТГА можно различить сливочное масло от пальмового по потере массы образца. В составе сливочного масла есть вода, соответственно потеря массы образца сливочного масла до 200 ˚С больше чем у пальмового. Судя по величине потери массы образец сливочного масла, теряет всю воду при нагревании до 200 ˚С. Температуры плавления пальмового масла и сливочного масла различаются всего на два градуса.

Количественные отличия кривых ДСК образцов представлены в таблице 4. Для сопоставления выбрали области плавления воды и плавления высокотемпературных глицеридов, где наблюдаются наиболее интенсивные фазовые переходы.

Таблица 4 – Параметры кривых ДСК образцов сливочного и пальмового масел

Параметры кривых ДСК	Сливочное масло	Пальмовое масло
Максимум первого эндоэффекта, ˚С	0,55	–2,16
Энтальпия первого эндоэффекта, Дж/г	25,53	3,13
Максимум второго эндоэффекта, ˚С	35,94	38,65
Энтальпия второго эндоэффекта, Дж/г	5,13	20,70

Таким образом, и методом ДСК можно различить сливочное масло от пальмового по температуре плавления. Для сливочного масла характерна температура плавления 35,9 ˚С, для пальмового масла 38,6 ˚С.

Для изучения возможности использования метода ДСК для определения массовой доли пальмового масла в сливочном были приготовлены смеси пальмового масла со сливочным состава: 0; 10/90; 20/80; 30/70; 40/60; 50/50; 60/40; 70/30; 80/20; 90/10 и 100. Для идентификации построили зависимость энтальпии плавления образцов от массовой доли пальмового масла в образцах (по величине эндоэффекта в диапазоне 30–45 ^{0}С). Эндоэффекты плавления пальмового масла и сливочного масла перекрываются. В связи с этим было предпринято построение зависимости теплоты плавления образца от массовой доли пальмового масла, поскольку, как следует из данных таблицы 4, теплота плавления пальмового масла в четыре раза превышает теплоту плавления сливочного масла в диапазоне 30–45 ^{0}С. Результаты представлены на рисунке 6.

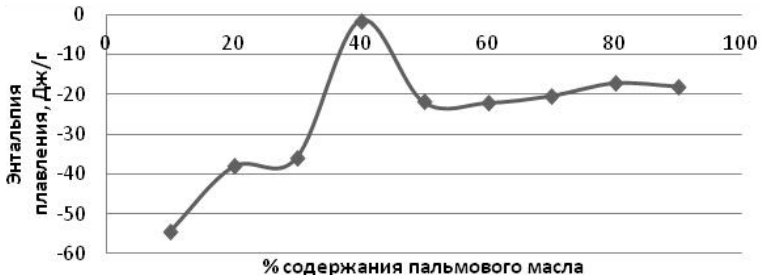
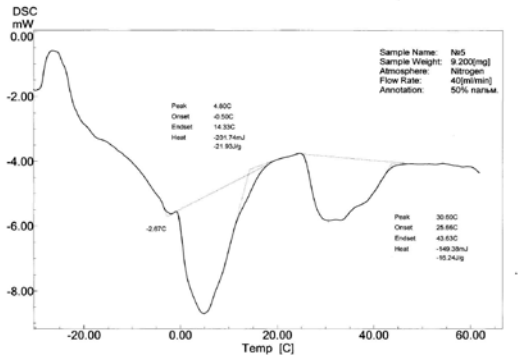


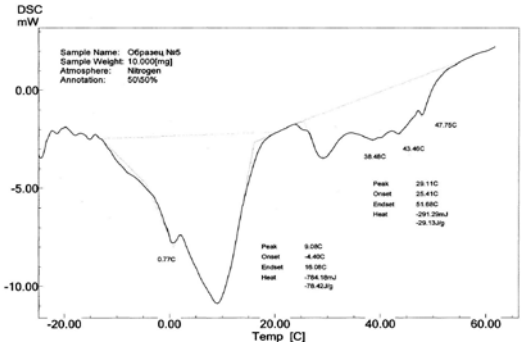
Рисунок 6 – Влияние массовой доли пальмового масла на энтальпию плавления смеси пальмового масла с вологодским сливочным маслом

Из представленных данных следует, что отсутствует линейность между составом смеси и тепловым эффектом плавления высокотемпературной группы глицеридов. Нелинейная зависимость может быть объяснена взаимодействием глицеридов пальмового и сливочного масла с образованием смешанных триглицеридов.

Сравнение кривых ДСК смесей пальмового масла с вологодским и финским состава 50/50 %. представлено на рисунке 7.



а) пальмовое масло - вологодское масло 50/50



б) пальмовое масло- финское масло 50/50

Рисунок 7 – Кривые ДСК смесей 50/50: а) пальмового масла с вологодским, б) пальмового масла с финским сливочным маслом

Из представленных данных следует, что по виду кривых ДСК можно отметить заметные отличия между образцами по форме кривых ДСК. Количественные различия представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры кривых ДСК смесей (50/50) пальмового масла с финским и вологодским сливочным маслом

Параметры кривых ДСК	Пальмовое масло – финское масло	Пальмовое масло – вологодское масло
первый эндоэффект, ˚С	0,77	–2,67
второй эндоэффект, ˚С	9,1	4,8
третий эндоэффект, ˚С	29,1	30,6
четвертый эндоэффект, ˚С	38,5	33,2
пятый эндоэффект, ˚С	43,5	39,5
шестой эндоэффект, ˚С	47,7	–
Энтальпия первого эндоэффекта, Дж/г	78,4	48,6
Энтальпия второго эндоэффекта, Дж/г	29,1*	16,2

*– сумма III – VI эндоэффектов

Обнаруженные отличия между образцами по температурам плавления и тепловым эффектам можно связать с различиями в глицеридном составе образцов, который зависит главным образом от рациона кормления, сезона, породы животных, периода лактации [1].

Молочно-растительные спреды. Данные дифференциальной сканирующей калориметрии образцов молочно-растительных спредов сливочного масла представлены на рисунке 8.

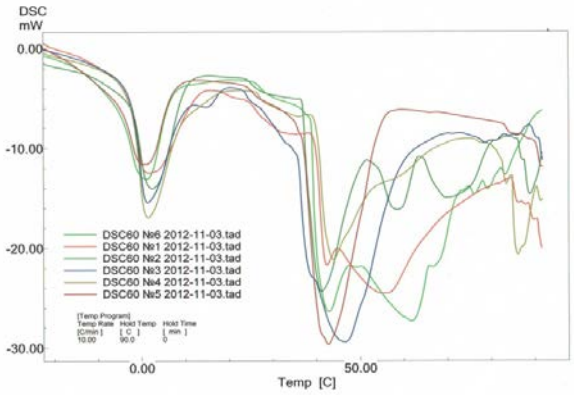


Рисунок 8 – Кривые ДСК образцов «сливочного масла»

Из анализа рисунка 8 можно предположить использование растительных жиров, по крайней мере, трех видов, преимущественно пальмового стеарина.

При проведении термомеханического анализа. Были получены следующие величины усилия сжатия образцов масла сливочного при 50 % деформации:

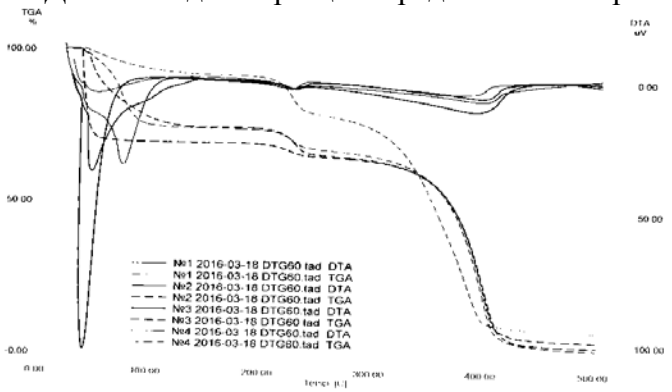
Образец № 1 δ = 0,16 кг/см²;
Образец № 2 δ = 0,10 кг/см²;
Образец № 3 δ = 0,07 кг/см²;
Образец № 4 δ = 0,18 кг/см^2;
Образец № 5 δ = 0,09 кг/см²;
Образец № 6 δ = 0,19 кг/см²;

Из представленных данных следует, что механические характеристики образцов существенно различаются, что можно связать (принимая во внимание данные ДСК), с использованием в рецептуре сливочного масла, по крайней мере, двух типов жирозаменителей. Первый тип обеспечивает усилие сжатия 0,16–0,19 кг/см^2, а второй – 0,07–0,10 кг/см². Возможно в первом случае – пальмовый стеарин, а во втором – пальмовый олеин.

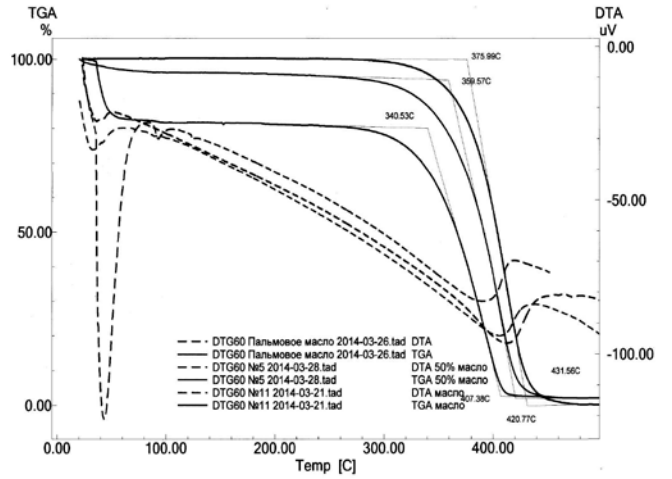
Таким образом, из анализа представленных данных следует, что кривые ДСК всех образцов дешевого «сливочного масла» характеризуются наличием растительных жиров в своем составе.

Шоколадное масло. Из анализа состава представленных образцов шоколадного масла следует, что в отличие от сливочного масла и спредов на его основе, представляющих собой эмульсию вода в масле, шоколадное масло и спреды на его основе представляют собой жировую эмульсию в 50 %-ном сахарном сиропе.

Сравнение кривых ДТА/ТГА для образцов представлено на рис. 9.



а) ДТА/ТГА образцов шоколадного масла



б) ДТА/ТГА сливочного и пальмового масел

Рисунок 9 – Кривые ДТА/ТГА образцов:
а) шоколадного масла; б) сливочного и пальмового масел

Кривые качественно отличаются друг от друга, что предполагает различие их состава.

Количественное сравнение кривых ДТА образцов представлено в таблице 6, а ТГА – в таблице 7.

Таблица 6 – Параметры кривых ДТА образцов шоколадного, сливочного масла и пальмового стеарина

Образец	Параметры кривых ДТА			
	Температура плавления, ˚С	Энтальпия I эндоэффекта, Дж/г	Температура II максимума, ˚С	Энтальпия II эндоэффекта, Дж/г
Масло шоколадное ТМ Белый замок ООО "Холод"	52,8	318,5	375,9	906,7
Масло шоколадное ООО "Лидер"	48,3	1770,0	395,0	1150
Спред шоколадное ТМ Престол, ООО "Фабрика Фаворит"	43,3	3330,0	390,9	2260
Спред "Шоколадное" ООО "Алтайское масло"	75,1	2700,0	394,0	956
Сливочное масло	34,2	1900	390	1630
Пальмовый стеарин	46,0	259	413	2220

Из представленных данных следует, что температура плавления изученных образцов достоверно превышает температуру сливочного масла, и ближе к температуре плавления пальмового стеарина.

Таблица 7 – Параметры кривых ТГА образцов шоколадного, сливочного масла и пальмового стеарина

Образец	Параметры кривых ТГА	
	Потеря массы в диапазоне 20-200 ˚С, (испарение воды) %	Потеря массы в диапазоне 200 – 500 ˚С, (разложение вещества), %
Масло шоколадное ТМ Белый замок ООО "Холод"	8,1	91,9
Масло шоколадное ООО "Лидер"	25,1	74,9
Спред «Шоколадное» ТМ Престол, ООО "Фабрика Фаворит"	30,6	79,4
Спред "Шоколадное" ООО "Алтайское масло"	25,7	74,3
Сливочное масло	19,21	78,55
Пальмовый стеарин	0,074	99,926

Те же суждения могут быть высказаны и данным ТГА изученных образцов. Исходя из состава образцов, можно предположить возможность протекания следующих процессов: плавление жира, за которым может последовать испарение воды, карамелизация сахарозы и испарение жира, и разложение карамелизированной сахарозы.

Анализируя представленные данные можно отметить следующее. Во-первых, вода в образцах связана неодинаково и лишь на 50 % испаряется при нагревании у образца *Масло*

шоколадное ТМ Белый замок ООО "Холод" до 200 ˚С. Во-вторых, по величине I эндоэффекта образцы разделяются на две группы - *Масло шоколадное ТМ Белый замок ООО "Холод"* и три остальных. Можно предположить, что это различие связано с различной структурой и (или) составом образцов. В-третьих, это деление подтверждается и сравнением остальных показателей таблицы 7.

Вполне вероятно, что сахароза в образце Масло шоколадное ТМ Белый замок ООО "Холод" заменена подсластителем, что требует дополнительного исследования.

Из этих данных можно предположить, что химическая природа этих групп образцов различна и метод ДТА/ТГА позволит определять состав шоколадного масла. Для определения подлинности образцов шоколадного масла необходимы дополнительные исследования методом ДСК с образцами определенного состава.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно прийти к следующим выводам.

1. Методы термического анализа позволяют идентифицировать качественный и количественный состав жировых эмульсионных продуктов типа «вода в масле».
2. Установлено взаимодействие пальмового масла и сливочного масла при равенстве их массовых долей в спреде.
3. Введение сахарозы в жировые эмульсионные продукты идентифицируется по изменению формы кривой.

Список литературы

1. David Hettinga Butter. Bailey’s Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, Six Volume Set. Edited by Fereidoon Shahidi. – John Wiley & Sons, Inc. 2005, vol. 2. – P. 1–59.
2. Wright, A. J. Crystallization and Rheological Properties of Milk Fat / A. J. Wright, A. G. Marangoni // Advanced Dairy Chemistry, Volume 2: Lipids, 3rd edition. Edited by P.F. Fox and P.L.H. McSweeney. – New York: Springer, 2006. – P. 245–291.
3. Basiron, Y. Palm Oil // Bailey’s Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, Six Volume Set. Edited by Fereidoon Shahidi. – John Wiley & Sons, Inc. 2005, vol. 2. – P. 333–429. DOI: 10.1002/047167849X.bio071.
4. Полянский, К. К. Дифференциальный термический анализ пищевых жиров / К. К. Полянский, С. А. Снегирев, О. Б. Рудаков. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 85 с.
5. Clausse, D. Differential thermal analysis, differential scanning calorimetry, and emulsions / D. Clausse // J. Therm. Anal. Calorim. – 2010. – Vol. 101. – P. 1071–1077. DOI: 10.1007/s10973-010-0712-1.
6. Neumann, S. M. Structure stability and crystallization behavior of water in oil in water (WOW) double emulsions during their characterization by differential scanning calorimetry (DSC) / S. M. Neumann, U.S. van der Schaaf, H. P. Karbstein // J. Therm. Anal. Calorim. – 2017. DOI: 10.1007/s10973-017-6723-4.
7. Tunick, M. H. Detection of recombined butter by DSC / M. H. Tunick, P. W. Smith, V. H. Holsinger // Journal of Thermal Analysis. – 1997. – Vol. 49. – P. 795. DOI: 10.1007/BF01996762.
8. Phase Transition Stability of Cocoa Butter Emulsions / J.C.M. Rivas [et al.] // Food Biophysics. – 2016. – Vol. 11. – P. 361. DOI: 10.1007/s11483-016-9450-z.
9. Korošec, R. C. Determination of water, ammonium nitrate and sodium nitrate content in ‘water-in-oil’ emulsions using TG and DSC / R. C. Korošec, P. Kajič, P. Bukovec // J. Therm. Anal. Calorim. – 2007. – Vol. 89. – P. 619. DOI: 10.1007/s10973-006-7609-z.
10. Metin, S. Crystallization of Fats and Oils / S. Metin, R. W. Hartel // Bailey’s Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, Six Volume Set. Edited by Fereidoon Shahidi. Copyright # 2005 John Wiley & Sons, Inc. Vol. 1, P. 45–76.
11. Ali M.A.R. Thermal analysis of palm mid-fraction, cocoa butter and milk fat blends by differential scanning calorimetry / Ali M.A.R., Dimick P.S. // J. Am. Oil Chem. Soc. – 1994. – Vol. 71. – P. 299–302.

УДК 641.56:642.5

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР БЛЮД СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Р. З. Григорьева, Г. И. Шевелева
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Большое значение в современных условиях развития Российской Федерации имеет состояние здоровья населения. Особое место в существующем перечне заболеваний занимают заболевания, связанные с профессиональной деятельностью. Показатель профессиональной заболеваемости в Кемеровской области выше среднего показателя по РФ и составил в 2016 году 13,24 (на 10 тыс. работников), что на 1,85 % выше по сравнению с 2014 годом. Это отмечено в Государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2016 году».

Лечебно-профилактическое питание во вредных условиях производства различных отраслей промышленности должно разрабатываться на основе научной концепции обоснования лечебно-профилактического питания, которая направлена как на охрану внутренней среды человека, так и на повышение общей сопротивляемости организма к неблагоприятному воздействию среды обитания и профессиональной деятельности [1, 2].

В последнее время происходит ухудшение качества пищевого статуса рабочих промышленных предприятий. Наблюдаются нарушения структуры питания: низкое потребление овощей и фруктов, предпочтение продукции быстрого питания, однообразие рациона питания, употребление большого количества консервированных продуктов, отсутствие режима питания.

Причинами таких нарушений служат эргономические, психоэмоциональные, физические и химические профессиональные факторы. Для оптимизации питания необходимо компенсировать изменения в питании и биологической ценности продуктов питания, восстанавливать структуру питания, учитывать индивидуальные условия питания, снижать вредные условия труда (мониторинг пищевого статуса работников с вредными условиями труда).

Питание рабочих промышленных предприятий должно предусматривать наличие столовой, кафе, территориально связанных с предприятием. Только при таких условиях обеспечивается возможность приема пищи с наименьшей затратой времени, а также возможно наиболее эффективно реализовать мероприятия рациональности питания соответственно особенностям данного производства.

Для улучшения качества питания рабочих промышленных предприятий необходимо:

- проводить мониторинг пищевого статуса работников с вредными условиями труда;
- разработать стандарты лечебного питания;
- разработать медико-биологические требования к специализированным продуктам [3].

На работах с вредными условиями труда работникам выдается бесплатно по установленным нормам молоко или другие равноценные пищевые продукты, однако это не может полностью нейтрализовать воздействие вредных факторов производственной среды на организм.

Существующий ряд профессиональных заболеваний требует разработки блюд специализированного назначения для активации процессов связывания и выведения из организма токсинов.

В связи с этим представляет интерес изучение возможности использования пектина и пектинсодержащего сырья при производстве обогащенных изделий и их использование в питании работников промышленных предприятий.

На начальном этапе представляло интерес провести маркетинговые исследования с целью сбора информации о потребительских предпочтениях работников завода ОАО «Кокс» цеха метрологии и автоматизации, для этого была разработана анкета.

Вопросы анкеты были связаны непосредственно с целью нашего опроса – изучение потребительских предпочтений работников цеха метрологии и автоматизации. Было выявлено, что все сотрудники (100 %) покупают хлебобулочные изделия и их устраивает качество и ассортимент изделий. Из ответов на вопросы анкеты также узнали о наиболее употребляемых хлебобулочных изделиях (можно было отмечать несколько вариантов ответов): хлеб пшеничный – 65 %, булочки – 65 %, хлеб ржаной – 30 % (рис. 1).

Из анализа результатов видно, что хлеб пшеничный и булочки пользуются одинаковой популярностью среди работников цеха метрологии и автоматизации.

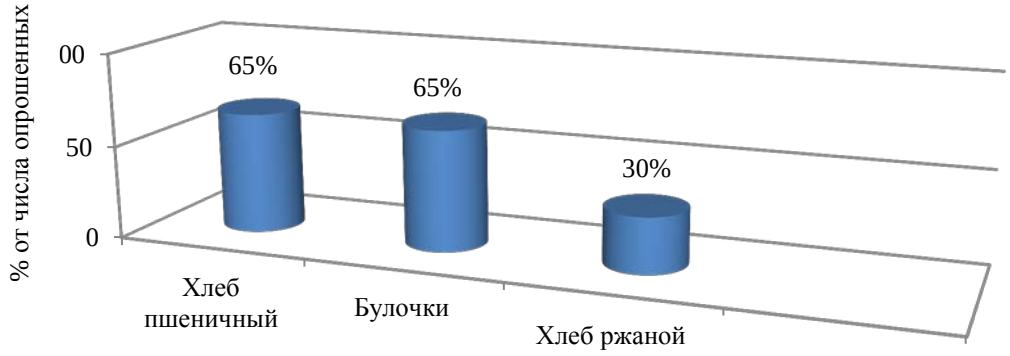


Рисунок 1 – Спрос работников цеха метрологии и автоматизации на отдельные виды хлебобулочных изделий

В анкете был вопрос о включении в меню блюд, обогащенных полезными пищевыми добавками. Оказалось, что опрошенные (100 %) хотели бы иметь в меню блюда, обогащенные полезными добавками (в нашем случае пектином). Необходимо было узнать, какая продукция, по их мнению, лучше всего подойдет для обогащения полезными пищевыми добавками (можно было отметить несколько вариантов ответов либо предложить свой вариант). Мнения разделились: 78 % рабочих хотели видеть хлебобулочные изделия с пектином, 42 % считали, что для обогащения лучше всего подойдут сладкие блюда, 4 % выделили в качестве продукта для обогащения сок (рис. 2).

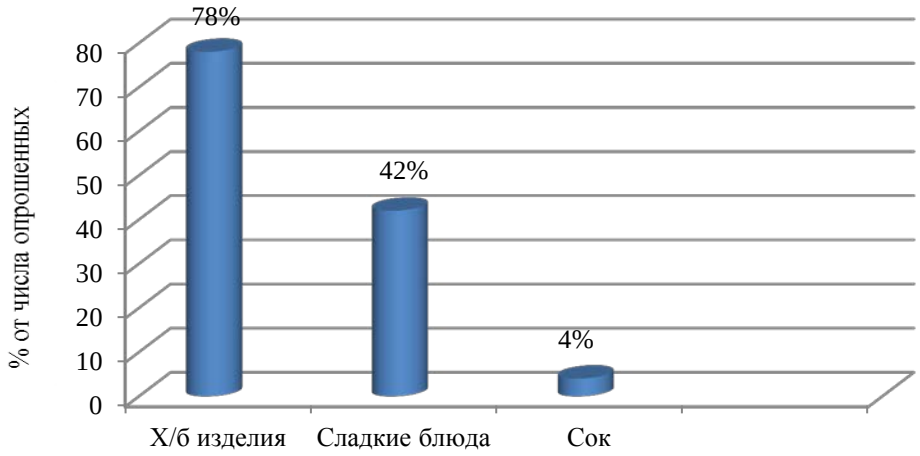


Рисунок 2 – Мнение респондентов по выбору блюда для обогащения пектином

При обогащении блюд пектином предполагалось увеличение цены. Рабочим был задан вопрос: повлияет ли на их выбор рост цены? Были получены следующие ответы: «нет» – 84 %, «нет, если увеличение произойдет на рубль» – 12 % , «да, повлияет увеличение цен» – 4 %.

Анализ результатов маркетинговых исследований показал, что работники ОАО «Кокс» положительно относятся к обогащенным продуктам (78 % опрошенных). По мнению рабочих наиболее предпочтительными для обогащения продуктами являются хлебобулочные изделия (65 % опрошенных).

В качестве функционального пищевого ингредиента для обогащения хлебобулочных изделий считали целесообразным использовать пектин яблочный в виде порошка.

В качестве функциональных продуктов использовать местное овощное сырье – свеклу и морковь – как ценный источник пектиновых веществ и минеральных веществ.

Для разработки рецептуры производства изделий из дрожжевого теста с добавками пектина и пектинсодержащего сырья считали необходимым установить оптимальное количество вносимого пектина, исследовать его влияние на свойства теста и качество готовых изделий.

С целью установления влияния пектина на качество булочных изделий и определения их оптимальной дозировки, выпекали булочные изделия из дрожжевого теста, приготовленного безопарным способом в лабораторной печи с добавлением пектина в количестве 1,0–2,0 % к массе муки.

Оценку качества изделий с добавлением пектина проводили органолептическим методом в соответствии с органолептической шкалой балльной оценки качества булочных изделий.

Результаты органолептической оценки изделий представлены на рис. 3.

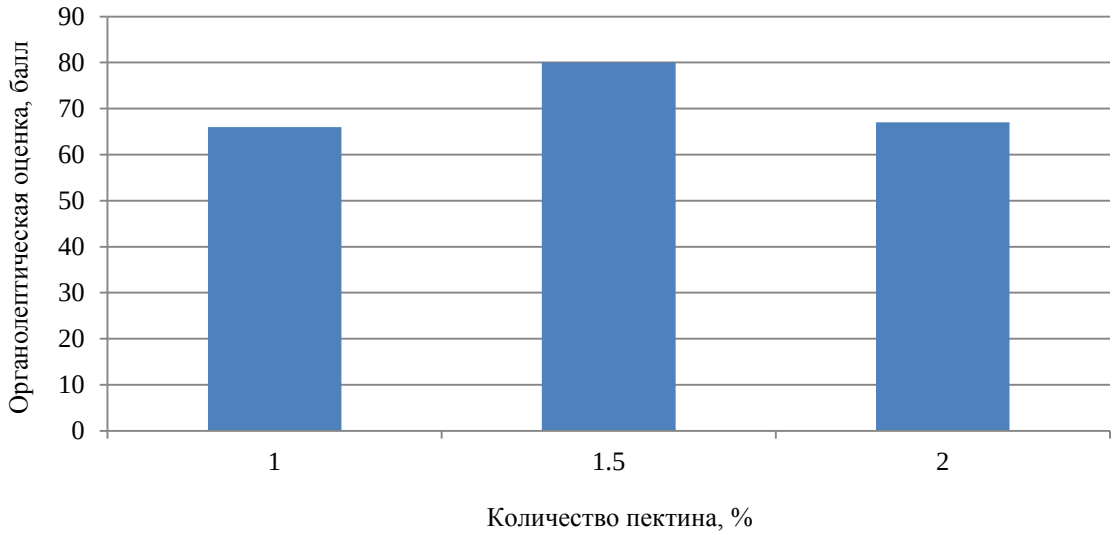


Рисунок 3 – Влияние различного количества пектина на качество готовых булочных изделий

В качестве пектинсодержащего сырья использовали:

– мезгу, которая остается после приготовления киселя, что обеспечит безотходное использование овощного сырья;

– свекольное пюре, которое не только обогатит продукт, но и придаст приятную розовую окраску мякишу готовых изделий.

Оценку качества изделий с добавлением мезги в количестве 2,5–7,5 % к массе муки проводили органолептическим методом в соответствии с органолептической шкалой балльной оценки качества булочных изделий.

Результаты органолептической оценки изделий представлены на рис. 4.

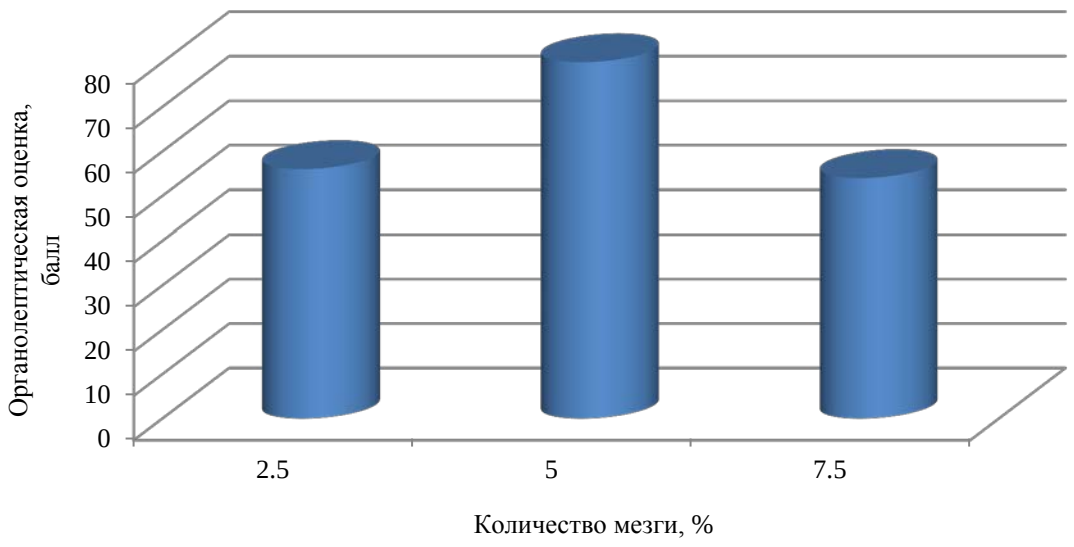


Рисунок 4 – Влияние различного количества мезги на качество готовых булочных изделий

Оценку качества изделий с добавлением свекольного пюре в количестве 2,5–4,5 % к массе муки проводили органолептическим методом в соответствии с органолептической шкалой балльной оценки качества булочных изделий.

Результаты органолептической оценки изделий представлены на рис. 5.

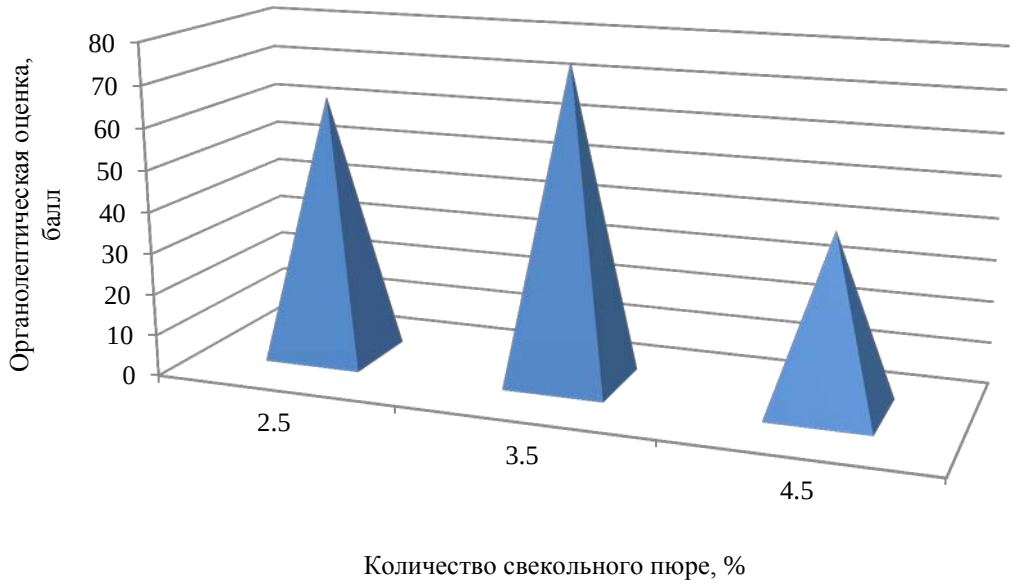


Рисунок 5 – Влияние различного количества свекольного пюре на качество готовых булочных изделий

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что наиболее высокие показатели качества имели булочки:

– с внесением пектина в количестве 1,5 % к массе муки;
– с внесением мезги в количестве 5 % к массе муки;
– с внесением свекольного пюре в количестве 3,5 % к массе муки.

Показатели качества контрольных и опытных изделий с различным количеством вносимых добавок приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Влияние различных добавок на качество изделий из дрожжевого теста

Показатели качества	Контроль	Булочки со свекольным пюре и пектином	Булочки с морковно-свекольной мезгой и пектином	Булочки с морковно-свекольной мезгой, свекольным пюре и пектином
Формоудерживающая способность	0,5	0,68	0,68	0,69
Удельный объем; 10^{-5}м^3/кг	325	338	331	345
Влажность, %	31,9	32,62	32,98	34,2
Пористость, %	81,3	83,52	83,9	84,7
Кислотность, °	2,4	2,1	2,7	2,5
Упек, %	13,7	10,3	10,3	8,6

Анализ полученных данных показал, что удельный объем опытных образцов изделий увеличился на 4,8– 6,1 % по сравнению с контрольным образцом.

Пористость опытных образцов увеличилась на 2,6–3,4 %. Упек опытных изделий уменьшился на 3,4–5,1 %, что ведет к увеличению выхода готовой продукции.

Анализ результатов, представленных в табл. 1, показал, что булочные изделия с морковно-свекольной мезгой, свекольным пюре и пектином имеют самые высокие показатели качества. Эти изделия имеют максимальные значения показателя пористости, а также лучшее состояние пористости: поры равномерные, мелкие и тонкостенные.

Мякиш этих изделий обладает хорошей эластичностью и легко принимает первоначальную форму. Цвет мякиша – светлый, с малиновым оттенком.

В результате проведенных исследований были разработаны рецептуры булочных изделий из дрожжевого теста.

Анализ химического состава контрольного и разработанных изделий показал следующие результаты:

– содержание пищевых волокон увеличилось на 22,9–26,5 %;

– содержание минеральных веществ, в частности K, увеличилось на 8,4–18,2 %, Mg – на 5,7–13,8 %;

– разработанные изделия содержат β-каротин, что выгодно отличает эти изделия от контрольного образца (без добавок).

На основании проведенных исследований можно заключить, что разработанные с учетом предпочтений работников промышленного предприятия булочные изделия имеют профилактическую и социальную направленность.

Список литературы

1. Трихина, В. В. Разработка программы и методических рекомендаций для коррекции питания рабочих металлургических предприятий / В. В. Трихина, Е. Л. Лазаревич, А. А. Вековцев // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 1. – С. 97–102.

2. Пилат Т. Л. Питание рабочих при вредных и особо вредных условиях труда. История и современное состояние / Т. Л. Пилат, А. В. Истомин, А. К. Батурин. – Т. 1. – М. : 2006. – 240 с.

3. Аксенов В. А. Питание работников занятых на работах с вредными условиями труда: профилактика или ее имитация? / В. А. Аксенова, А. Н. Тиньков // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. – 2008 . – № 6. – С. 8–12.

4. Сокол Н. В. Использование пектиновых веществ с целью улучшения хлебопекарных свойств муки и качества хлеба / Н. В. Сокол, JI. В. Донченко, Б. В. Мисливский // Хлебопечение России. – 2003. – № 5. – С. 24–26.

5. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. – М. : Хлебпродинформ, 1996. – 619 с.

6. Химический состав российских пищевых продуктов. Справочное издание. Под редакцией член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина, академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 234 с.

7. Свекловичный пектиновый экстракт как основа пектинопрофилактики населения России / И. В. Соболь [и др.] // Проблемы развития АПК региона. – 2016. – Т. 1. – № 1–1 (25). – С. 197–201.

8. Соболь, И. В. Новые виды продуктов для специализированного питания / И. В. Соболь, А. И. Аверкиева // Молодой ученый. – 2017. – № 4. – С. 55–57.

9. Yangilar, F. The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: a review / F. Yangilar // Journal of Food and Nutrition Research. – 2013. – Vol. 1. – № 3. – P. 13–23.

10. Study of the combined effect of pectin and banana powder as carbohydrate based fat replacers to develop low fat cookies / M. Majeed [et al.] // Foods and raw materials. – 2017. – Vol. 5. – № 2. – P. 62–69.

11. Fibre enrichment of wheat bread with Jerusalem artichoke inulin: effect on dough rheology and bread quality / I. A. Rubel [et al.] // Food Structure. – 2015. – Vol. 3. – P. 21–29.

УДК 664.6:641+613.2

АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКА ИЗ ВЫЖИМОК ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Г. А. Губаненко*, Л. В. Наймушина*, И. Д. Зыкова*, Е. А. Речкина**
*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия
**Красноярский аграрный университет, г. Красноярск, Россия

Образ жизни современного человека является ключевым фактором, определяющим его здоровье и продолжительность жизни. В связи с этим население проявляет значительный интерес к повышению качества жизни, в том числе к здоровому питанию. Продукции здорового питания оценивается потребителем с точки зрения пониженного содержания жиров, простых углеводов, при этом количество пищевых волокон, витаминов, минеральных веществ в составе продукта должно быть значительным. Обогащение пищевых продуктов биологически активными веществами, пищевыми волокнами дает основание для разработки и производства функциональных продуктов, удовлетворяющие запрос современного потребителя.

Для восполнения незаменимых факторов питания и снижения отрицательного воздействия окружающей среды на организм человека ведущая роль принадлежит функциональным пищевым продуктам. Они имеют декларированный, сбалансированный состав по основным эссенциальным макро- и микронутриентам, отличаются оптимальностью усвоения, на фоне минимальных ферментативных и энергетических затрат [1]. В качестве источников биологически активных веществ, в том числе, минорных компонентов могут быть биогенные продукты (пророщенные зерновые и бобовые культуры). Значительные объемы реализации данной продукции в сегменте здорового питания ритейла и продукции предприятий пищевой индустрии оправдывает их экономическую эффективность производства. С научной точки зрения, пищевая ценность биогенных продуктов значительно выше по сравнению с зерновыми культурами. Так, например, по сравнению с цельным зерном, зародыш зерна пшеницы содержат в 50 раз больше витамина Е (токоферола) - основного антиоксиданта, который замедляет процессы старения организма, в 10 раз больше витамина В6 (пиридоксина), в 3-4 раза больше витаминов F и Р, в 2-3 раза больше белковых соединений, в 4-5 раз больше жиров [2]. В биогенных продуктах содержится природный комплекс биологически активных соединений, состоящий из действующих и сопутствующих веществ, при этом последние выполняют функции синергистов, усиливающих свойства основных компонентов [3].

Пищевая продукция с использованием зерновых культур занимает ключевые позиции по объему реализации во всех странах мира. Она отличается высокой пищевой ценностью и профилактическими свойствами, которые необходимо максимально сохранить в технологическом процессе [4]. Функциональное действие продукции с применением злаковых культур, в том числе сока «Виграсс» определяется количественным содержанием макро и микроэлементов, хлорофилла β, пищевых волокон, которые способствуют снижению содержания холестерина в крови, уменьшают риск сердечнососудистых заболеваний и оказывают благоприятное действие на работу желудочно-кишечного тракта, проявляют высокую устойчивость к патогенной микрофлоре [5-8]. Для улучшения физиологических процессов в организме человека рекомендуются пророщенные семена, содержащие значительное количество ферментов. Установлено, что в проростках некоторых культур количество ферментов увеличивается по сравнению с непроросшими семенами в 43 раза, иногда и больше [9].

В пищевой индустрии при разработке продуктовых инноваций одной из мировых тенденций считается замена синтетических пищевых добавок на натуральные ингредиенты, что обусловливает возрастающую потребность в природных веществах. Биогенные продукты и кулинарная продукция из них обеспечивают доведение до необходимого уровня норм

физиологической потребности в пищевых соединениях в рационе человека, повышая их пищевую ценность. Поэтому особое внимание уделяется разработке продуктов питания с использованием проростков зерновых и бобовых культур, которые могут стать одним из пищевых ресурсных потенциалов России. Вовлечение биогенного сырья в производство новых видов продукции не только позволяет повысить их пищевую ценность, за счет обогащения натуральными белками, минеральными веществами, витаминами, пищевыми волокнами, что формирует их конкурентные преимущества по сравнению с аналогами, но и создает возможность расширить ассортимент функциональных продуктов, востребованных потребительским рынком.

В результате технологического процесса получения сока «Витграсс» из проростков пшеницы остаются выжимки до 30-35 %, которые в настоящее время в производственных условиях ООО «Проростики» г. Красноярск, не используются для дальнейшей переработки, что недопустимо, и требует разработки технологии переработки получаемых выжимок. Реализация сока осуществляется через специализированную торговую сеть: лавка «Полезные продукты», региональные сети «Командор», «Красный Яр» и предприятия пищевой индустрии города (рестораны, кафе, бары и др). Сок «Витграсс» популярен в проекте «Здоровое питание - BelliniFIT», который успешно реализует ресторанный холдинг Bellini group для потребителей г. Красноярска. Следует отметить, что объемы изготовления сока «Витграсс» на производстве ООО «Проростки» устойчиво увеличиваются с каждым годом, особенно в зимний и весенний периоды. В связи с этим целесообразно использовать ценные выжимки для получения дополнительного продукта переработки биогенного продукта. Одним из главных направлений повышения эффективности пищевого производства, является использование технологий глубокой переработки и вовлечения в производственный оборот вторичных ресурсов с целью экологизации производств, получения функциональных ингредиентов, эссенциальных нутриентов, для производства широкого ассортимента продуктов общего и специализированного назначения [10]. Мировой опыт применения вторичных сырьевых ресурсов для производства пищевой продукции свидетельствует, о перспективности и целесообразности их использования в качестве источников полезных веществ, содержащихся в больших количествах по сравнению с традиционным сырьем [11].

Ранее нами были изучен химический состав и показатели безопасности выжимок из проростков пшеницы и разработана технология порошка с установлением оптимальных технологических параметров процесса сушки с целью максимального сохранения хлорофилла, флавоноидов в полученном продукте переработки проростков пшеницы.

Цель настоящего исследования – изучить аспекты применения порошка из выжимок проростков пшеницы для функциональных продуктов путем определения показателей качества и безопасности.

При разработке функциональных пищевых продуктов помимо научно-обоснованных медицинских требований к его составу существует ряд условий, которые должны быть выполнены при организации их производства:

– к продовольственному пищевому сырью предъявляются повышенные требования к агротехнологиям его выращивания, которые должны обеспечивать соответствующие показатели по безопасности и качеству. Сырье должно обладать полноценным компонентным составом, соответствующим виду данного продукта;

– процесс производства функциональных продуктов должен осуществляться по принципу максимального сохранения полезных физиологически активных веществ, обеспечивающих функциональные свойства, улучшающих здоровье человека или восполняющих имеющийся в организме человека дефицит эссенциальных веществ;

– готовая пищевая продукция должна обладать всем комплексом заявленных производителем для данного типа продукции функциональных свойств сохраняющих здоровье человека или восполняющих имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ в течение всего срока годности продукта. Эффективность

функционального продукта должна быть научно обоснована и подтверждена документально путем экспериментальных исследований [1].

По результатам проведения исследований химического состава и показателей безопасности выжимок пророщенной пшеницы и разработки технологии их переработки была выдвинута гипотезы о возможности применения порошка в качестве функционального ингредиента (источника пищевых волокон) в проектировании функциональных продуктов. Многочисленные научные исследования отечественных и зарубежных авторов подтверждают перспективность применения порошков из вторичных растительных ресурсов для производства продуктов общего назначения и функциональных (хлебобулочных, мучных кондитерских изделий, изделий из мяса, рыба, молочных и кисломолочных напитков идр.). Для проверки выдвинутой гипотезы использовали эмпирические методы исследования порошка из выжимок пророщенной пшеницы с целью выполнения вышеизложенных требований и условий для функциональных продуктов, определены задачи исследования:

1. Изучить органолептические и физико-химические показатели качества порошка.
2. Исследовать его гигиенические и микробиологические показатели безопасности.

Экспериментальные исследования проводились по договору с Краевым государственным автономным учреждением «Красноярский региональный инновационно-технологический бизнес-инкубатор» в рамках научно-исследовательской темы «Производство замкнутого цикла по переработке биогенного продукта проростков и выпуск линейки продуктов, полезных для здоровья» в период с 02 октября 2017 г. по 22 декабря 2017 г. Основные этапы работы выполнялись на базе научно-исследовательских лабораторий ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». Определение показателей безопасности осуществляли в лаборатории испытательного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае».

Объектами научного исследования выбраны:

– выжимки, полученные при изготовлении сока «Витграсс» из биогенного продукта, проростков пшеницы в производственных условиях ООО «Проростки» г. Красноярск, ул. Ленинградская 11(рисунок 1);
– порошок из выжимок проростков пшеницы (рисунок 2).

Порошок по структуре представляет собой сыпучую, легкую, однородную биомассу светло-зеленого цвета с приятным травянистым запахом и вкусом. Фракционный состав порошка выжимок представлен частицами размером от 0,35 мм до 2 мм (рисунок 2). Количественное содержание каждой фракции распределилось следующим образом: частицы размером 0,35 мм составили 17 %, доля частиц 0,40 мм – 19 %, доля частиц 0,70 мм – 52 %, доля частиц 2 мм – 12 %.

Результаты изучения органолептических и физико-химических показателей порошка из выжимок проростков пшеницы представлены в таблице 1.

Рисунок 1 – Выжимки сокового производства из проростков пшеницы

Фракция 0,35 мм

Фракция 0,40 мм

Фракция 0,70 мм

Фракция 2 мм

Рисунок 2 – Фракционный состав порошка выжимок проростков пшеницы

Таблица 1 – Органолептические и физико-химические показатели порошка

Наименование показателя	Значение
Внешний вид	Сыпучая, легкая, однородная масса
Цвет	Светло-зеленый, с кремовым оттенком
Вкус и запах	Приятный, травянистый
Размер частиц	0,35-2,00 мм
Влажность	8,00±0,40 %
Зольность	1,88±0,09 %
Гигроскопичность	285 $см^3$/на 100 г порошка

Данные таблицы 1 по изучению органолептических и физико-химических показателей свидетельствуют о том, что порошок легкий, объемный, гигроскопичный может быть использован в пищевых технологиях для формирования консистенции пищевой продукции за счет гидрофильных свойств и структуры пищевого волокна. При проектировании новых видов функциональных продуктов введенное количественное содержание порошка и физиологическое действие пищевых волокон на организм человека позволит создать дополнительное потребительское свойство продукции – функциональное.

Одним из главных условий для производства функциональных продуктов является безопасность используемого сырья, которая должна быть документально подтверждена. В связи с этим определены микробиологические и гигиенические показатели безопасности порошка из выжимок проростков пшеницы, получены протоколы лабораторных исследований из аккредитованного испытательного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае», результаты приведены в таблицах 2-3.

Таблица 2 – Микробиологические показатели безопасности порошка

Наименование показателя	Нормы по ТР ТС 021/2011	Фактическое значение показателя
Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г ($см^3$), не более	$5x10^4$	Менее 10
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта, г	0,1	не обнаружено
Плесени, КОЕ/ г, не более	100	не обнаружено

Таблица 3 – Гигиенические показатели безопасности порошка

Наименование показателя	Нормы по ТР ТС 021/2011, мг/кг, не более	Фактическое значение показателя
Токсичные элементы: Свинец Мышьяк Кадмий Ртуть	 1,0 0,2 0,1 0,03	 Менее 0,5 Менее 0,05 Менее 0,05 0,024
Микотоксины: афлатоксин B_1 дезоксиниваленол зеараленон	 0,005 0,7 1,0	 0,003 0,03 0,05
Пестициды: гексахлорциклогексан (α, β, γ - изомеры) ДДТ и его метаболиты	 0,5 0,02	 Менее 0,001 Менее 0,001

Анализируя полученные данные протоколов лабораторных исследований, можно констатировать, что микробиологические и гигиенические показатели безопасности порошка из выжимок проростков пшеницы не превышают установленных нормативных значений Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», что является документальным подтверждением безопасности технологического процесса изготовления порошка и основанием для применения при производстве продуктов общего и функционального назначения.

Для проверки выдвинутой гипотезы о том, порошок может быть использован, как функциональный ингредиент, проведены исследования его количественного и качественного состава пищевых волокон, результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Углеводный состав порошка из выжимок пророщенной пшеницы

№ п/п	Наименование показателя	Содержание г/100 г порошка
1	Пищевые волокна: из них	45,24±2,21
2	пектиновые вещества	1,03±0,05
3	лигнин	24,01±1,20
4	целлюлоза	5,29±0,26
5	гемицеллюлоза	14,91±0,75

Данные таблицы 4 дают возможность сделать вывод о значительном содержании пищевых волокон более 45 % в порошке из выжимок проростков пшеницы, что позволяет удовлетворить суточную потребность на 150 % при употреблении 100 г продукта. Таким образом, при введении в пищевой продукт от 7 до 23 г порошка из выжимок обеспечивается от 15 до 50 % от суточной физиологической нормы потребления пищевых волокон (20 г), что дает основание декларировать его как функциональный, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52349-2005 «Пищевые продукты. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения».

Кроме того, порошок характеризуется высоким количеством пектина, который удовлетворяет суточную потребность на 50 %. Полученные данные свидетельствуют, что разработанный порошок из выжимок проростков пшеницы может быть использован как источник пищевых волокон в качестве функционального ингредиента для обогащения различных групп пищевой продукции и производства функциональных продуктов.

На основании проведенных исследований разработан проект ТУ и ТИ на порошок из выжимок проростков пшеницы.

Обобщение полученных результатов по определению химического состава, регламентируемых показателей качества и безопасности порошка, полученного при переработке выжимок биогенного продукта проростков пшеницы, позволяет заключить, что его можно использовать как новый вид пищевого сырья, содержащего значительное количество функционального ингредиента – пищевых волокон, в том числе пектина, для разработки функциональных пищевых продуктов.

Список литературы

1. Рогов, И. А. Медико-технологические аспекты разработки и производства функциональных продуктов / И. А. Рогов, Е. Н. Орешкин, В. Н. Сергеев // Пищевая промышленность. – 2017. – № 1. – С. 13–15.

2. Хузин, В. К. Совершенствование технологии производства хлебобулочных изделий на основе измельченного проросшего зерна пшеницы / В. К. Хузин, З. А. Канарская, В. С. Рематдинова // Вестник ВГУИТ. – 2017. – Т. 79, № 1. – С. 178–187.

3. Шаскольская, Н. Д. Самая полезная еда: Проростки / Н. Д. Шаскольская. – СПб.: Веды, Азбука-Аттикус, 2011. – 192 с.

4. 4.Султаева, Н. Л. Исследование свойств семян льна и разработка на их основе технологии хлебобулочных изделий / Н. Л. Султаева, В. С. Перминова // Интернет - журнал Науковедение. – 2015. – № 1. – С. 1–15.

5. Pal, G. K. Sustainable valorization of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagen-based novel functional food ingredients / G. K. Pal, P.V. Suresh // Innovative Food Science & Emerging technologies. – 2016. – № 37. – P. 201–215.

6. Дубцов, Г.Г. Проростки пшеницы - ингредиент для продуктов питания / Г. Г. Дубцов, О. В. Бережная, Л. И. Войно // Пищевая промышленность. – 2015. – № 5. – С. 26–29.

7. Халиков, Р. М. Придание устойчивости наноструктурам амилаз при использовании в пищевых технологиях // Инновационный вектор развития науки: материалы международной научно-практической конференции. Уфа. – 2014. – С. 26–28.

8. Wakeham, P. The medicinal and pharmacological screening of wheatgrass juice (*Triticumaestivum L.*): an investigation into chlorophyll content and antimicrobial activity / P. Wakeham // The Plymouth Student Scientist. – 2013. Vol. 6.(2). – P. 20–30.

9. Mixolab for rheological evaluation of wheat flour partially replaced by soy protein hydrolisate and fruc-tooligosaccharides for bred production / Marcio Schmiele, Maria Herminia Ferrari Fe-lisberto, Maria Teresa Pedrosa Silva Clerici, Yoon Kil Chang // LWT - Food science and technology. – 2017. – № 76. – P. 259–269.

10. Иванова, В. Н. Производство, переработка и хранение сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: цели, задачи и основные приоритеты развития / В. Н. Иванова, С. Н. Серегин, Н. Д. Аварский // Пищевая промышленность. – 2017. – № 1. – С. 8–13.

11. Хуршудян, С. А. Ресурсосберегающие технологии и инновационные задачи в производстве напитков // С. А. Хуршудян, Н. Т. Семененко // Пищевая промышленность. – 2013. – № 7. – С. 16–17.

УДК 51:005.6

ФОРМИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Н. И. Дунченко, Е. С. Волошина, С. В. Купцова, Э. И. Черкасова
Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева,
г. Москва, Россия

В июне 2016 года Правительство РФ утвердило Стратегию повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года, в которой один из пунктов гласит, что «в целях обеспечения качества пищевой продукции на всех этапах ее жизненного цикла предусмотреть внедрение в организациях, осуществляющих изготовление и переработку пищевой продукции, систем менеджмента качества» [1]. Таким образом, разработка и внедрение систем качества стали одними из первоочередных задач стоящих перед руководителями перебарывающих и пищевых предприятий. Согласно международному стандарту ИСО 9001:2015, система менеджмента качества должна строиться на применении цикла, разработанного Эдвардом Демингом «Планируй – Делай – Проверяй – Действуй» (PDCA) [2]. Однако проверка и оценка результативности действующих на предприятии процессов зачастую оказывается весьма сложной задачей для разработчиков [3].

Наряду с этим, организации уже имеющие отлаженные и сертифицированные СМК зачастую сталкиваются с проблемой оценки результативности системы в том объеме, в каком требуют современные международные стандарты серий 9000 и 22000 [4, 5, 6]. В отечественной и мировой практике разработано множество подходов результативности системы менеджмента качества предприятии, однако большинство из них ограничиваются определение единичными критериями оценки либо не учитывают специфику пищевых производств [7, 8].

Для определения результативности процессов был применен квалиметрический подход [9]. На первом этапе в результате анализа процесса производства сгенерировали показатели результативности, определили формулы для вычисления их значений и разработали шкалы оценки результативности для каждого показателя. При составлении шкалы оценок определяли диапазон, в который должен попасть конкретный критерий, наилучшему значению критерия присваивали максимальное количество баллов [10].

Разработанные единичные показатели результативности процессов представляют собой набор неупорядоченных факторов. При разработке комплексного показателя результативности процесса необходимо сначала упорядочить единичные показатели результативности, а затем назначить веса по уровню значимости показателей. Для определения весовых коэффициентов единичных показателей применяли систему весовых коэффициентов Фишберна.

Пусть имеется математическая модель оценки результативности процесса, далее именуемая *EP*-моделью:

$$EP = \langle G, L, \Phi \rangle, \tag{1}$$

где G - древовидная иерархия показателей результативности; L – шкала оценок единичных показателей в иерархии, баллы; Φ – система отношений предпочтения одних показателей другим для одного уровня в иерархии. При этом:

$$L = \{1, 2, 3, 4, 5\}, \tag{2}$$

$$\Phi = \{F_i\,(\varphi)\,F_j \mid \varphi \in (\succ, \approx)\}, \tag{3}$$

где $\succ$ - отношение предпочтения, $\approx$ - отношение безразличия.

В свою очередь, древовидная иерархия G может быть описана ориентированным графом без циклов, петель, горизонтальных ребер в пределах одного уровня ранжирования, содержащим одну корневую вершину:

$$G = <\{F_i\}, \{V_{ij}\}>, \quad (4)$$

где $\{F_i\}$- множество вершин показателя; $\{V_{ij}\}$ – множество дуг, F_0 – корневая вершина, отвечающая результативности процесса в целом.

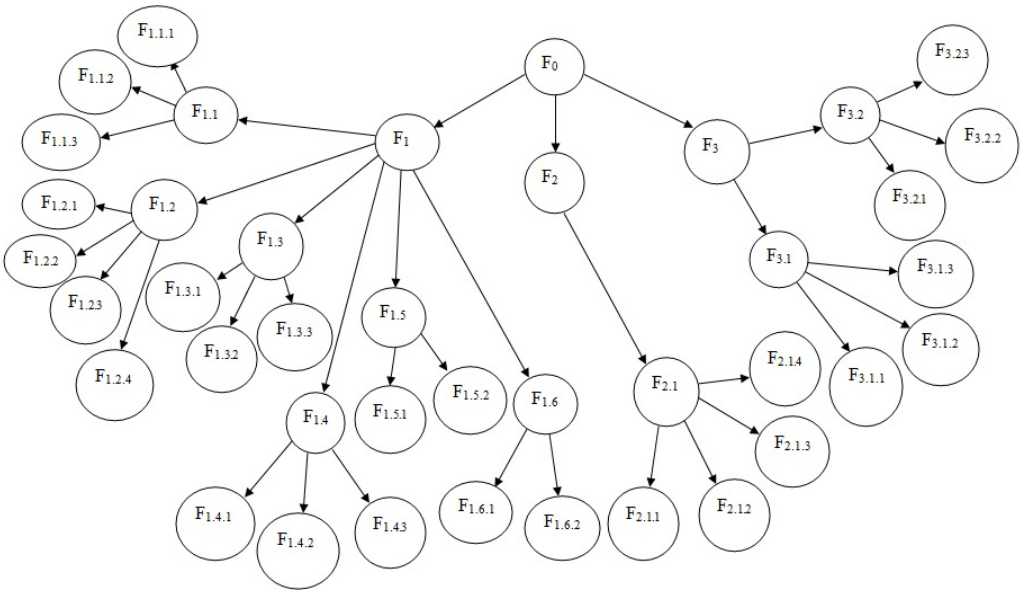


Рисунок 1 – Ориентированный граф G показателей результативности системы менеджмента качества пищевого предприятия

При этом в древовидном графе дуги расположены так: началу дуги соответствует вершина нижнего уровня иерархии (ранга), а концу дуги – вершина ранга, на единицу меньшего. Для системы менеджмента качества пищевого предприятия, в соответствии с многоуровневой декомпозицией процессов древовидную иерархию показателей результативности можно представить в виде графа (рис. 1) с описанием:

G = < {F_0 – результативность процесса «Осуществление деятельности по выпуску готовых изделий»; F_1 – результативность основных процессов; F_2 – результативность процессов управления; F_3 – результативность вспомогательных процессов; $F_{1.1}$ – результативность процесса маркетинга; $F_{1.2}$ –результативность процесса производства; $F_{1.3}$ – результативность процесса упаковки и хранения; $F_{1.4}$ – результативность процесса реализации; $F_{1.5}$ –результативность процесса постановки на производство; $F_{1.6}$ – результативность процесса оценки соответствия; $F_{2.1}$ –результативность процесса контроля, проверок, испытаний; $F_{3.1}$ – результативность процесса закупок и снабжения; $F_{3.2}$ – результативность процесса инженерно-технического обслуживания оборудования; $F_{1.1.1}$ – результативность по увеличению продаж; $F_{1.1.2}$ – результативность по ассортименту; $F_{1.1.3}$ – результативность по популярности бренда; $F_{1.2.1}$ – результативность по качеству готовой продукции; $F_{1.2.2}$ – результативность по количеству готовой продукции; $F_{1.2.3}$ – результативность по срокам выпуска готовой продукции; $F_{1.2.4}$ – статистическая управляемость процесса; $F_{1.3.1}$ – результативность по качеству первичной упаковки; $F_{1.3.2}$ – результативность по качеству этикетирования; $F_{1.3.3}$ – результативность по правильности формирования заказов; $F_{1.4.1}$ – результативность по срокам поставки; $F_{1.4.2}$ – результативность по ассортименту реализованной продукции; $F_{1.4.3}$ – результативность по количеству реализованной продукции; $F_{1.5.1}$ – результативность по количеству брака в опытной партии; $F_{1.5.2}$ – результативность по своевременности создания этикетки; $F_{1.6.1}$ – результативность по своевременности оформления разрешающей документации; $F_{1.6.2}$ –

результативность по правильности оформления разрешающей документации; $F_{2.1.1}$ – результативность по выполнению графиков отбора образцов; $F_{2.2.2}$ – результативность по количеству проверенных показателей; $F_{2.2.3}$ – результативность по отсутствию ошибок исполнителей при испытании; $F_{2.2.4}$ – результативность по своевременности формирования корректирующих действий; $F_{3.1.1}$ – результативность по срокам закупок; $F_{3.1.2}$ – результативность по объему закупок; $F_{3.1.3}$ – результативность по качеству закупок; $F_{3.2.1}$ – результативность по выполнению графика работ; $F_{3.2.2}$ – результативность по качеству ремонтных работ; $F_{3.2.3}$ – результативность по затраченному на ремонт времени}; {связь вершин в графе отображается нумерацией вершин, в соответствии с занимаемым вершиной уровнем иерархии}>.

Формирование системы отношений предпочтения одних показателей другим на каждом уровне иерархии осуществляли на основе анализа результатов совещания экспертов. В качестве исходной информации были представлены диаграммы процессов в нотации IDEF 0 и перечни единичных показателей результативности каждого из процессов [6]. Экспертам предстояло оценить важность каждого из группы единичных показателей для оценки результативности соответствующего процесса. Методом последовательного сравнения в ходе открытого совещания экспертов были получены ряды предпочтения, которые составили основу системы отношений Ф:

$$\Phi = \{ F_1 \succ F_{.2} \approx F_3;\ F_{1.1} \approx F_{1.2} \approx F_{1.3} \approx F_{1.4} \approx F_{1.5} \approx F_{1.6};\ F_{3.1} \approx F_{3.2};\ F_{1.1.1} \succ F_{1.1.2} \succ F_{1.1.3};\ F_{1.2.1} \succ F_{1.2.4} \succ F_{1.2.2} \succ F_{1.2.3};\ F_{1.3.1} \succ F_{1.3.2} \approx F_{1.3.3};\ F_{1.4.1} \approx F_{1.4.2} \approx F_{1.4.3};\ F_{1.5.1} \approx F_{1.5.2};\ F_{1.6.1} \succ F_{1.6.2};\ F_{2.1.1} \succ F_{2.1.3} \succ F_{2.1.4} \succ F_{2.1.2};\ F_{3.1.1} \succ F_{3.1.2} \approx F_{3.1.3};\ F_{3.2.2} \succ F_{3.2.1} \succ F_{3.2.3}\} \quad (5)$$

Полученная система отношений Ф необходима для определения коэффициентов весомости a_{ijk} для единичных показателей в пределах группы. Для этого используем систему весов Фишберна, которая позволяет определить значение коэффициента весомости исходя только из степени предпочтения одних показателей другим.

Система весовых коэффициентов Фишберна уместна тогда, когда для назначения весовых коэффициентов необходимо знать только степень предпочтения одних показателей другим (варианты: строгое предпочтение, нестрогое предпочтение, безразличие) [11].

Научная основа выбора весов Фишберна состоит в следующем: веса Фишберна – это рациональные дроби, в знаменателе которых стоит сумма арифметической прогрессии первых членов натурального ряда с шагом 1, а в числителе – убывающие на 1 элементы натурального ряда от *N* до 1 (например, 3/6, 2/6, 1/6 в сумме дают единицу).

Таблица 1 – Система весовых коэффициентов Фишберна

N	*Ф*	p_1	p_2	p_3	p_4
2	$F_1 \approx F_2$	1/2	1/2	–	–
	$F_1 \succ F_2$	2/3	1/3	–	–
3	$F_1 \approx F_2 \approx F_3$	1/3	1/3	1/3	–
	$F_1 \succ F_2 \approx F_3$	2/4	1/4	1/4	–
	$F_1 \approx F_2 \succ F_3$	2/5	2/5	1/5	–
	$F_1 \succ F_2 \succ F_3$	3/6	2/6	1/6	–
4	$F_1 \approx F_2 \approx F_3 \approx F_4$	1/4	1/4	1/4	1/4
	$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \approx F_4$	2/5	1/5	1/5	1/5
	$F_1 \approx F_2 \succ F_3 \approx F_4$	2/6	2/6	1/6	1/6
	$F_1 \approx F_2 \approx F_3 \succ F_4$	2/7	2/7	2/7	1/7
	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \approx F_4$	3/7	2/7	1/7	1/7
	$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \succ F_4$	3/8	2/8	2/8	1/8
	$F_1 \approx F_2 \succ F_3 \succ F_4$	3/9	3/9	2/9	1/9
	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \succ F_4$	4/10	3/10	2/10	1/10

То есть предпочтение по Фишберну выражается в убывании на единицу числителя рациональной дроби весового коэффициента более слабой альтернативы. В табл. 1 сведены дроби Фишберна для всех смешанных систем отношений предпочтений, при N = 2…4.

Таким образом, комплексная оценка результативности процесса «Осуществление деятельности по выпуску вареных колбасных изделий» рассматривается как некоторая иерархическая совокупность показателей с четырьмя уровнями (рис.2).

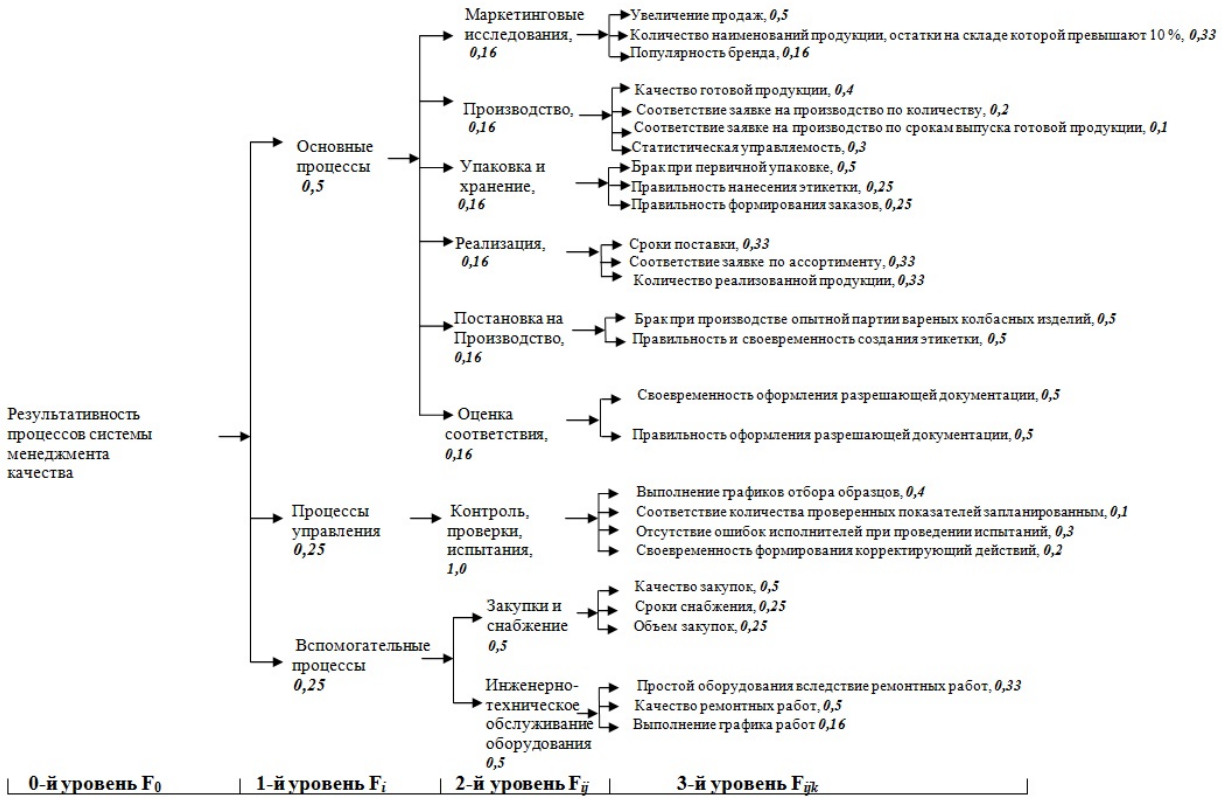


Рисунок 2 – Древовидная диаграмма показателей результативности процессов системы менеджмента качества

Различные шкалы измерений единичных показателей приведены к единой размерности на основе пятибалльных шкал оценок, при этом каждому показателю результативности F_i, F_{ij}, F_{ijk} соответствует свой коэффициент весомости a_i, a_{ij}, a_{ijk}. Сумма коэффициентов весомости всех показателей находящихся на одном уровне иерархического дерева, всегда постоянна и равна единице.

Для вывода формулы комплексного показателя оценки результативности процессов СМК пищевого предприяти на следующем этапе проводили агрегирование данных со всех уровней иерархии факторов, на основе данных об уровнях факторов, выраженных значениями показателей F_i, F_{ij}, F_{ijk}, и их отношениях порядка на одном уровне иерархии, в соответствие с присвоенными коэффициентами весомости a_i, a_{ij}, a_{ijk}. Результатом агрегирования данных является формула.

$$F_0 = \sum_{i=1}^{n} (F_i \times a_i), \qquad (6)$$

где

$$F_i = \sum_{j=1}^{m} (F_{ij} \times a_{ij}), \qquad (7)$$

где

$$F_{ij} = \sum_{k=1}^{f} (F_{ijk} \times a_{ijk}) \qquad (8)$$

Предложенная формула отражает общий путь количественной и качественной оценки состояния предприятия, где факторы оценки образуют древовидную иерархию, а факторы одного подуровня иерархии состоят в отношениях предпочтения/безразличия друг к другу.

Суммарный показатель результативности процессов пищевого предприятия при достижении всеми единичными показателями своих максимальных значений будет равен 5 [12].

Применение математической модели для комплексной оценки результативности систем менеджмента качества пищевого или перерабатывающего предприятия позволяет в полной мере соблюсти требования международных стандартов и при этом не требует привлечения специализированных ресурсов.

Список литературы

1. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: утв. распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р.

2. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements. – Geneva: ISO – 2015 – 29 p.

3. Разработка системы менеджмента качества для предприятий технического сервиса [Тест]: монография / О. А. Леонов, Г. И. Бондарева, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – 161 с.

4. Psomas, E. L. The impact of ISO 9001 effectiveness on the performance of service companies / E. L. Psomas, A. Pantouvakis, D. P. Kafetzopoulos // Managing Service Quality: An International Journal. – 2013. – Vol. 23, no. 2, pp. 149–164.

5. Крюков, Д. Н. Совершенствование системы оценки результативности и эффективности менеджмента качества предприятий / Д. Н. Крюков, В. В. Серебровский, А. А. Погонин // Известия юго-западного государственного университета. – 2012. – №1-1 (40). – С. 149–154.

6. Оценка результативности системы менеджмента качества на аптечном предприятии / А. А. Большаков, И. В Косова, О. В Буюклинская, Е. Д. Кубасова // Ремедиум. Журнал о российском рынке лекарств и медицинской технике. – 2015. – № 7-8. – С. 61–65.

7. Горячев, В. В. Можно ли сравнивать результативность СМК различных предприятий? / В. В. Горячев // Методы менеджмента качества. – 2012. – № 7. – С. 15–21.

8. Зеленская, А. С. Об интеграции требований к качеству и безопасности продукции / А. С. Зеленская, С. В. Купцова // Компетентность. – 2011. – № 1. – С. 37–39.

9. Дунченко, Н. И. Квалиметрия / Н. И. Дунченко, В. С. Янковская. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – 138 с.

10. Волошина, Е. С. Оценка результативности системы менеджмента качества на мясоперерабатывающем предприятии / Е. С. Волошина, Н. И. Дунченко // Теория и практика переработки мяса. – 2017. – №3. – С. 21–30.

11. Miljkovic, B. New Weighted Sum Model / B. Miljkovic, M. R. Zizovic, A. Petojevic, N. Damljanovi // Filomat. – 2017. – Vol. 31, no. 10. – P. 2991–2998.

12. Волошина, Е. С. Управление качеством вареных колбасных изделий на основе процессного подхода [Текст]: дис. … конд. тех. наук 05.02.23 / Волошина Е. С. – М.: МГУПБ. – 2009. – 123 с.

УДК 663.25:94(47)

ИННОВАЦИОННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИГРИСТЫХ ВИН НА РОССИЙСКОМ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ РЫНКЕ

Т. Ф. Киселева*, Dalla Rosa Marco**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Università di Bologna. Tecnologie Alimentari, Cesena, Italy

Вина являются той категорией напитков, которые зачастую не удовлетворяют потребительские ожидания, как в органолептических характеристиках, так и в розничных ценах [1, 2].

Вопросами, касающимися совершенствования систем оценки потребительских свойств на основе сенсорных методов, которые являются, зачастую, основными при анализе вкусовых товаров, занимались многие исследователи [3, 4, 12, 13].

Это в полной мере относится и к игристым винам, которые приобретают в ожидании праздника. Потребители покупают «Шампанское» в полной уверенности, что они приобретают знаменитые шампанские вина по доступной цене. Вот почему необходимо разработать инновационную торговую классификацию, которая обеспечит покупателям четкие и однозначные указатели в точках продаж.

Технологические параметры классификации игристых вин и шампанского предполагают дифференциацию этих вин, вызванную как различиями в ботанических сортах использованного винограда, так и методами его выращивания, правилами и методами технологических приемов виноделия, а также условиями реализации готовых вин. Наиболее строго регулируются эти параметры во французском терруарном шампанском.

Выразительные различия существуют между французскими и российскими игристыми винами. В жестких правилах французских шампанских вин регламентируется массовая доля каждого ботанического вида винограда, поскольку они приносят разнообразие вкуса и аромата букета готового вина и другие его параметры потребительской оценки. В России производители игристых вин не придерживаются ограничений на ботанические сорта винограда.

Другим отличительным критерием технологического подхода к классификации игристых вин и шампанского является условие виноградарства: методы посадки и обрезки лоз, регулирование урожайности, методы и период сбора урожая винограда. Российские производители игристых вин часто не имеют собственной агропромышленной базы надлежащего качества.

Другим технологическим параметром, лежащим в основе классификации вин, является их единообразие в год сбора урожая: вино из винограда одного года и из сырья разных лет. Соотношение вин первого и второго типов обычно составляет 20:80. Это, в свою очередь, означает, что весь мировой объем игристых и шампанских вин представляет собой комбинацию в конечном продукте вин, производимых не только из винограда различных ботанических сортов, но и собранных в разное время, а также в разные годы с разницей в один или три года. При указанной дифференциации различных ботанических сортов винограда, их комбинации в сырье, географических и климатических параметров окружающей среды складывается стабильность в формировании уникального аромата для конечного продукта [7, 8].

Такие организационно-технологические условия могут быть достигнуты только с использованием строго регламентированной среды на каждом отдельном винодельческом предприятии. Чем больше контроль над соблюдением этих правил, тем больше гарантия того, что производители этих вин будут лидерами не только в ценообразовании, но также в формировании и сохранении потребительского спроса. Однако в российской практике таких ограничений нет.

Важнейшим критерием классификации игристых вин и шампанского оказываются правила отделения сока от мезги, ферментации, вторичной ферментации, способа и сроков созревания сусла. Качество вина из сока, полученного под действием силы собственной тяжести (Cuvee), эксперты оценивают выше. По этой причине вина, полученные из сусла кюве, имеют соответствующую маркировку Cuvee, что оправдывает увеличение их продажной цены. Однако покупатели считают более привлекательным игристое вино, полученное при прессовании ягод (тай), – оно более насыщенное и пенистое. В российской практике производства игристых вин подобных особенностей для ценового дифференцирования массово не применяется.

Осветление игристых и шампанских вин (ремюаж) после вторичной ферментации осуществляется французскими и российскими виноделами со значительным расхождением в методах. В практике российского виноделия принято добавлять различные препараты, например раствор танина, для увеличения насыщенности вкуса и тела готового вина. Этот технологический прием не практикуется в мировом виноделии. Вместе с тем использование особенностей осветления вин в качестве критерия их классификации в российском виноделии отсутствует.

В отличие от традиционного метода шампанизации, игристые вина российского происхождения шампанизируются методами потока и резервуаров. При этом существенно интенсифицируется процесс вторичной ферментации и увеличивается скорость готовности игристых вин для продажи в сравнении с традиционным шампанским виноделием.

В российской практике время созревания нормируется 1,5 месяца, в лучшем случае – 6–9 месяцев. А для терруарного шампанского средний период выдерживания нормируется в 2–3 года, тогда как лучшие шампанские вина созревают 4–6 лет, т. е. в 10–40 раз менее интенсивно. Такие вина более ценны с точки зрения потребителей: они содержат в букете и вкусе восемь разных вкусов, а российские – только два. Этот критерий и нужно учесть при разработке новой торговой классификации игристых и шампанских вин для российского потребительского рынка, поскольку он будет предупреждать потребителей о различиях в качестве игристых вин из разных стран происхождения. С точки зрения международного права на использование места происхождения российские «шампанские» вина более правильно называются игристыми. Это изменение в маркировке популярных вин не только не уменьшает, но и значительно увеличит популярность этих вин в целевой аудитории, отделяя от излишних ожиданий «российских шампанских» вин [5, 6].

Важнейшим критерием дифференцирования ассортимента игристых вин является уровень их сладости, цвет, объем и тип упаковки, который в большом количестве стран во многом аналогичен французскому подходу.

Отличительным технологическим параметром в классификации игристых и шампанских вин в разных регионах мира является метод насыщения углекислым газом. Почти во всех странах мира используется исключительно эндогенный метод, но в России, Италии, Германии и Южной Африке считается допустимым и экзогенный. В России, например, такие вина называют шипучими, но не игристыми. И этот критерий также важен для торговой классификации игристых и шампанских вин, поскольку он обосновывает значительные различия в розничной стоимости вин. У многих стран есть свои традиции игристого виноделия, которые в полной мере соответствуют французам, но из-за существования международного договора о закреплении названия места происхождения для французского региона шампанского они называют свои вина игристыми.

В целях квалиметрической аргументации обоснования инновационной классификации шампанского и игристых вин на российском потребительском рынке, проводится данное исследование. Гипотеза этого исследования заключается в проверке устойчивого утверждения о том, что между иностранным и российским шампанскими и игристыми винами нет существенной разницы.

Результаты этого исследования показали наиболее значительные показатели систематизации ассортимента игристых вин и шампанского в местах продаж. Полученные

данные позволили провести категорийную систематизацию торгового предложения игристых и шампанских вин на российском потребительском рынке. Категория в этом исследовании терминологически представляет собой классификационную группу товаров, объединенную единообразием цели целевой аудитории. Торговая классификация предусматривает категорийную дифференциацию торгового предложения в полном соответствии с ожиданиями целевой аудитории покупателей.

Для проведения количественных и качественных измерений образцы игристых белых полусладких и сладких вин российского и зарубежного производства, имеющих и не имеющих указание их географического происхождения, и имеющих на этикетках название «Российское шампанское, были приобретены в распределительных сетях г. Кемерово.

Физико-химический анализ тестируемых образцов вина проводили путем идентификации и количественного определения ароматизирующих химических соединений, которые проводились стандартным методом ГЖХ в аккредитованной лаборатории. Все лабораторные исследования проводились в трехкратном повторе с последующей обработкой результатов методами математической статистики для расчета среднего значения ($X_{ср}$) и его стандартного отклонения (σ). Изменчивость показателей в группах и подгруппах вин оценивалась в относительной величине путем расчета их волатильности (υ) путем сопоставления стандартного отклонения среднего значения (σ) со значением этого среднего значения ($X_{ср}$). Экспериментальные данные анализировали с использованием корреляционного анализа с расчетом коэффициентов парной корреляции Пирсона, которые впоследствии оценивались по шкале Чеддока.

Органолептический анализ проводился методами специализированной экспертизы, а также дегустаций потребителями в местах продаж (супермаркеты и специализированные магазины). Все сенсорные испытания проводились методом «слепых» дегустаций: эксперты и специально неподготовленные дегустаторы из потребительских панелей оценивали анализируемые образцы вин, заранее помещенные в декантер при температуре 15 °С и с последующим заполнением ⅓ бокала стандарта AFNOR. Исследования потребителей проводились в местах продажи вина в г. Кемерово. Данные о результатах таких дегустаций приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты органолептической оценки образцов игристых вин, баллы

Наименование образцов и их производителей	Тип	Букет	Вкус	Прозрачность	Цвет	Сумма баллов
Пределы балловой оценки	**0,1–1,0**	**1,0–3,0**	**1,0–5,0**	**0,1–0,5**	**0,1–0,5**	
Игристые вина РФ с указанием наименования места их происхождения $X_{ср}$.	0,66	2,19	3,50	0,49	0,41	7,07
σ	0,15	0,21	0,18	0,01	0,09	0,94
υ, %	23,16	9,81	5,18	2,96	21,28	13,36
Игристые вина РФ без указания наименования места их происхождения $X_{ср}$.	0,63	1,90	3,12	0,49	0,42	6,54
σ	0,08	0,35	0,54	0,01	0,06	0,91
υ, %	13,06	18,33	17,20	2,75	13,25	13,94
Игристые вина РФ $X_{ср}$.	0,53	1,58	2,57	0,39	0,35	5,34
σ	0,23	0,75	1,25	0,20	0,15	2,65
υ, %	44,00	47,45	48,64	50,05	41,7	49,64
Игристые вина ЕС $X_{ср}$.	0,79	2,10	3,48	0,49	0,49	7,36
σ	0,13	0,49	0,72	0,01	0,02	1,23
υ, %	15,88	23,29	20,71	2,63	4,15	16,67

Сравнивая данные, приведенные в табл. 1, с данными, полученными другими исследователями в отношении анализируемых игристых вин российского происхождения, следует отметить, что средние значения четырех образцов игристых вин, участвующих в потребительских дегустациях, проведенных нами, и экспертных дегустациях, проведенных «слепым» методом дегустационной комиссией казенного предприятия «Воронежкачество», практически одинаковы – 7,2 и 7,1 баллов соответственно. Такого рода обстоятельство подтверждает справедливость данных, полученных нами в результате потребительских дегустаций аналогичных вин, проведенных также «слепым» методом в тот же временной период. Заметим, что наиболее высоко потребители оценили при «слепой» дегустации вина из ЕС (7,4±1,2 балла), игристые вина российского происхождения были оценены потребителями более низкими баллами: с географическим указанием – 7,1±0,9 балла, а без такого указания – 6,5 ± 0,9 балла. Статистический анализ показал разновеликий уровень волатильности в обозначенных категориях. Наиболее высоким значением волатильности обладали данные, полученные в категории вин без географического указания – 49,6 %, тогда как в двух оставшихся категориях его значения составляли лишь 13,4–16,7 %.

Анализируя значения волатильности среди показателей органолептической оценки, установлено, что наименее существенные различия имеет прозрачность 2,6–3,0 %, тогда как вкус и букет имеют различия 5,2–20,7 % и 9,8–18,3 % соответственно. Очевидно, что сравнение параметров потребительской ценности игристых вин и их конкурентных преимуществ наиболее показательно осуществлять именно в двух последних показателях. При этом целесообразно проводить суммирование указанных показателей сенсорной оценки в единый показатель вкусо-ароматических параметров.

На основании результатов проведенного статистического анализа можно заключить о том, что достоверно значимых отличий между параметрами органолептической оценки российских игристых вин не выявлено, несмотря на присутствие или отсутствие в их происхождении географического указания. Между категориями российских игристых вин и аналогичных вин, произведенных в традиционных винодельческих регионах ЕС, такие отличия выявлены даже при наличии высокого уровня волатильности потребительских оценок.

На втором этапе осуществляли инструментальный анализ химических соединений, участвующих в формировании вкусо-ароматических параметров игристых вин: спиртов, эфиров и альдегидов. Именно высшие спирты, а также вторичные и побочные продукты брожения, образующиеся в процессе производства и выдержки игристых вин, существенно влияют на образование на формирование букета [9–11].

Анализ вин с помощью ГЖХ показал, что количество идентифицированных химических соединений значительно отличается для различных групп игристых вин. Не обнаружен в образцах российских игристых вин гексанол, хотя этот спирт оказывает значительное влияние на формирование вкусовых характеристик вин этого типа, во всяком случае на это указывают исследователи классического терруарного шампанского. При анализе химических соединений, найденных методом ГЖХ, можно обнаружить 12 пиков химических соединений, отвечающих за вкус и аромат готового вина. Эти соединения включают такие альдегиды, как ацетальдегид, метилацетат, этилацетат и различные спирты: этиловый, метиловый, пропиловый, бутиловый, изобутиловый и т. д.

В табл. 2 приведены значения объемных концентраций химических веществ, обнаруженных методом ГЖХ в анализируемых образцах игристых вин, произведенных в России. Как видно из величины волатильности, наименьшее отклонение наблюдается для этилового спирта. Это указывает на то, что данный параметр строго контролируется государством и является особо регулируемым. Для других показателей волатильность составляет от 12 до 70 %. Это подтверждает тот факт, что если вкусоароматические параметры не регулируются стандартами, производителям их невозможно гарантировать из-за разнообразия технологических способов виноделия и виноградарства, а также различий в составе сырья.

Таблица 2 – Химические показатели группы игристых вин, произведенных в РФ

Наименование показателей	$X_{ср}$ мг/дм^3	υ, %	σ
Гексанол	52,06	54,51	28,38
Изобутанол	29,44	41,40	12,19
Изопентанол	136,02	53,49	72,75
Метанол	43,23	40,17	17,37
Пропанол-1	16,28	76,17	12,40
Фенилэтанол	22,57	51,43	11,61
Этанол, %	11,25	4,45	0,50
Ацетальдегид	44,03	94,15	41,46
Метилацетат	16,07	138,07	22,19
Этилацетат	38,94	37,99	14,80

В табл. 3 показаны химические показатели игристых вин, произведенных в традиционных винных регионах Европы.

Таблица 3 – Химические показатели категорий группы игристых вин, произведенных в ЕС

Наименование показателей	$X_{ср}$ мг/дм^3	υ, %	σ
Гексанол	45,65	50,33	22,97
Изобутанол	31,35	30,15	9,45
Изопентанол	153,91	19,40	29,85
Метанол	48,57	35,53	17,26
Пропанол-1	32,01	8,52	2,73
Фенилэтанол	21,60	42,61	9,20
Этанол, %	10,14	11,85	1,20
Ацетальдегид	44,03	94,15	41,46
Метилацетат	1,34	153,66	2,06
Этилацетат	29,34	37,62	11,04

Как видно из данных, приведенных в табл. 3, в анализируемых образцах вин значительные различия в значениях объемных концентраций ацетальдегида (2,3 раза) и пропанола-1 (2 раза) по сравнению с игристыми винами российского происхождения. Выявленный уровень волатильности анализируемых значений статистически достоверен. Аналогичный вывод можно сделать в отношении объемной концентрации метилацетата, значение которого в группе вин иностранного производства в 12 раз ниже, чем в игристых винах российского происхождения. Не выявлено существенных различий в игристых винах российского и иностранного концентрации по другим химическим соединениям.

Исходя из приведенных выше данных, можно сделать вывод о возможности идентификации игристых вин российского происхождения и таких же вин, произведенных в традиционных винных регионах ЕС по значительным различиям в значениях объемных концентраций ацетальдегида, метилацетата и пропанола-1.

Указанное заявление дает основание для инновационной идентификации на основании квалиметрической оценки качества игристых вин. Чтобы подтвердить приведенные выше выводы о возможности инструментальной идентификации вин разных категорий, был проведен корреляционный анализ данных органолептической и квалиметрической оценок, результаты которого приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты корреляционного анализа показателей игристых вин российского происхождения

Наименование показателей	Сумма баллов	Тип	Букет	Вкус	Цвет	Прозрачность
Бутанол-1	0,24	−0,28	0,21	0,31	−0,13	−0,36
Гексанол	−0,22	−0,36	−0,11	−0,06	−0,26	−0,33
Изобутанол	0,30	0,30	0,37	0,28	0,17	0,24
Изопентанол	−0,03	0,08	0,00	−0,07	−0,02	0,47
Метанол	0,21	0,51	0,17	0,19	0,36	0,36
Пропанол-1	0,41	0,55	0,38	0,32	0,38	0,44
Фенилэтанол	−0,43	0,11	−0,41	−0,47	0,10	0,56
Ацетальдегид	0,48	0,67	0,44	0,29	0,46	0,62
Метилацетат	−0,25	−0,46	−0,20	−0,05	−0,27	−0,55
Этилацетат	−0,30	−0,38	−0,28	−0,07	−0,26	−0,35

Как видно из табл. 4, на показатель суммарной органолептической оценки игристых вин российского происхождения имеет силу «заметного воздействия» по шкале Чеддока (0,5–0,7) только ацетальдегид (r = 0,48). Это соединение, как общеизвестно, выступает в качестве индикатора процесса спиртового брожения виноматериалов и основы для почти всех продуктов химического синтеза в этом процессе. Такое же влияние оказывает это соединение на образование показателя «тип» игристых вин (r = 0,67), их прозрачности (r = 0,62) и цвета (r = 0,46).

Умеренно сильно (по шкале Чеддока такое воздействие оценивается в 0,3–0,5) ацетальдегид оказывает влияние на другие показатели сенсорной оценки, включая общую оценку сенсорных параметров. Влияние метилацетата на формирование показателей прозрачности и типа вина заметно отрицательно из-за того, что высокие концентрации этого соединения приводят к ухудшению оценки этих показателей (r = −0,55 и r = −0,46 соответственно). Возможно, что повышенное содержание метилацетата является показателем активного действия дрожжей, влияя на ухудшение потребительских преимуществ игристых вин. Вероятно, по той же причине это соединение в значительной степени отражается на формировании суммарной органолептической оценки игристых вин российского происхождения и их цвета (r = −0,25 и r = −0,27 соответственно). Характер такого влияния также является отрицательным знаком. Этилацетат в той же мере отрицательно влияет на органолептическую оценку игристых вин российского происхождения: тип (r = −0,38), прозрачность (r = −0,35), суммарную органолептическую оценку (r = −0,3), букет (r = −0,28) и цвет (r = −0,26). Другие показатели органолептической оценки отмечены слабой зависимостью от концентраций метил- и этилацетатов (по шкале Чеддока меры их воздействия оцениваются в 0,1–0,3).

Среди спиртов, оказывающих существенное влияние на показатели суммарной органолептической оценки и типа игристых вин российского происхождения, концентрации спиртов пропанол-1 и метанол (r = 0,55 и r = 0,51 соответственно). Отрицательное влияние на формирование вкуса и аромата имеет оцениваемый по сумме значений этих параметров спирт фенилэтанол (r = −0,47 и r = −0,46 соответственно). Отрицательное и «заметное по шкале Чеддока» воздействие повышенных концентраций этого соединения как представителя сивушных спиртов может отражать результаты форсификации процессов ферментации сусла и связанное с этим ухудшение потребительских преимуществ игристых вин российского происхождения.

Вероятно, по той же причине, но в «умеренной степени влияния по шкале Чеддока» фенилэтанол оказывает на формирование показателя букета игристых вин российского происхождения (r = −0,41). Отметим также умеренное негативное влияние на формирование

типа, цвета и прозрачности игристых вин российского происхождения такого представителя сивушных спиртов, как гексанол (r = −0,36, r = −0,33 и r = −0,26 соответственно). Аналогичный эффект наблюдается и у представителя того же типа спирта – бутанол-1 при образовании прозрачности и типа вина анализируемой группы вин (r = −0,36 и r = −0,28 соответственно). Существование обнаруженного влияния представителей сивушных спиртов также может быть использовано для обозначения ускорения процесса ферментации сусла при производстве игристых вин российского происхождения.

Однако фенилэтанол вместе с изопентанолом в значительной мере положительно влияют на показатель прозрачности игристых вин российского происхождения (r = 0,57 и r = 0,47 соответственно). Умеренно положительно влияют сивушные спирты на формирование вкуса игристых вин российского происхождения: пропанол-1 (r = 0,32), бутанол-1 (r = 0,31), изобутанол (r = 0,28); их букета: пропанол-1 (r = 0,38), изобутанол (r = 0,37); общую органолептическую оценку: пропанол-1 (r = 0,41), изобутанол (r = 0,30). На другие показатели органолептической оценки влияния этих спиртов «слабое по шкале Чеддока» (0,1–0,3).

В целом выявлено много свидетельств наличия различной степени взаимодействия между концентрациями спиртов, особенно сивушного типа, на формирование потребительских преимуществ игристых вин российского происхождения. Эти различия могут быть основой для систематизации их торгового предложения и аутентичности. В целях корректности подхода к органолептической оценке игристых вин целесообразно провести внутригрупповой корреляционный анализ между всеми показателями этой оценки. Результаты этого анализа обобщены в табл. 5 и 6.

Таблица 5 – Корреляция показателей игристых вин российского происхождения

Наименование показателей	Сумма баллов	Тип	Вкус	Букет	Цвет	Прозрачность
Суммарная органолептическая оценка	1,00	0,39	0,95	0,96	0,51	−0,10
Тип	0,39	1,00				
Вкус	0,95	0,17	1,00			
Букет	0,96	0,29	0,91	1,00		
Цвет	0,51	0,86	0,38	0,35	1,00	
Прозрачность	−0,10	0,69	−0,33	−0,21	0,51	1,00

Как видно из приведенных данных, «очень высокая степень влияния по шкале Чеддока» (0,9–0,99) на показатель суммарной органолептической оценки игристых вин российского происхождения имеют единичные оценки букета (r = 0,96) и вкуса (r = 0,95). По этой причине при оценке конкурентных преимуществ игристых вин российского происхождения целесообразно сфокусироваться на сумме этих параметров, обозначив такой показатель, как сумма баллов за вкусо-ароматические параметры.

В отличие от группы игристых вин российского происхождения в анализируемой группе вин, производимых в традиционных винных регионах, общая органолептическая оценка зависит от химических соединений, отраженных в табл. 6, в большей степени.

Так, объемная концентрация ацетальдегида в «очень высокой степени» влияет на суммарную органолептическую оценку (r = 0,96), тогда как в группе игристых вин российского происхождения значение такого влияния оценивается только в «значительной степени»
(r = 0,48). Вероятно, разница в значениях этого параметра объясняется высокой волатильностью его значений для российских игристых вин. Ранее это явление мы объясняли нестабильностью технологических процессов производства, отсутствием

интеграции технологической цепи от виноградной лозы до мест продажи. О значении этих явлений для формирования качества виноградных вин мы сообщали раньше. На том же «очень высоком уровне» влияния, но с отрицательным знаком, установлена корреляция объемной концентрации изопентанола (r = −0,92). Напомним, что влияние этого спирта на формирование аналогичного показателя для российских игристых вин оценивалось как «слабое».

Таблица 6 – Корреляция показателей игристых вин происхождения из стран ЕС

Наименование показателей	Сумма баллов	Тип	Букет	Вкус	Цвет	Прозрачность
Бутанол-1	0,56	0,85	−0,16	0,74	0,02	0,50
Гексанол	0,70	−0,52	0,99	−0,67	0,70	−0,07
Изобутанол	−0,21	−0,96	0,54	−0,90	0,25	−0,49
Изопентанол	−0,92	−0,40	−0,56	0,13	−0,19	−0,04
Метанол	0,20	0,09	0,05	0,21	0,74	0,89
Пропанол-1	0,42	−0,33	0,70	−0,82	−0,05	−0,66
Фенилэтанол	−0,87	−0,33	−0,58	0,22	−0,09	0,13
Ацетальдегид	0,96	0,01	0,85	−0,37	0,54	0,08
Метилацетат	−0,40	0,49	−0,64	0,29	−0,98	−0,52
Этилацетат	0,86	0,63	0,28	0,40	0,30	0,44

Отметим, что «заметное» влияние на показатель суммарной органолептической оценки игристых вин европейского происхождения объемной концентрации ацетальдегида и изопентанола не выявлено, в отличие от вин российского происхождения.

В то же время «очень высокая» степень зависимости показателя суммы баллов по вкусо-ароматическим параметрам игристых вин из стран ЕС выявлена для: бутанола-1 (r = 0,92), «высокая» – для этилацетата (r = 0,84), «отрицательно высокая» – для изобутанола и «отрицательно умеренная» – для пропанола-1. Отметим, что в группе вин российского происхождения аналогичная зависимость была гораздо менее выражена для бутанола-1 (r = 0,27). При этом для игристых вин российского происхождения объемные концентрации этилацетата, изобутанола и пропанола-1 влияют на указанный показатель суммарной органолептической оценки в значительно меньшей мере и противоположно по направлению (r = −0,16; r = 0,32 и r = 0,35 соответственно). Такие различия также служат основой для суждений о возможности категоризировать торговое предложение игристых вин по их отличающимся характеристикам.

Следует отметить, что обнаружена «очень высокая степень» корреляции между показателями букета игристых вин из стран ЕС и объемной концентрацией гексанола в них (r = 0,99). Такое влияние в группе игристых вин российского происхождения не выявлено, что также свидетельствует о целесообразности категориальной дифференциации игристых вин на основании квалиметрической оценки.

Следует отметить, что существует очень сильная отрицательная роль метилацетата в формировании цвета игристых вин, производимых ЕС (r = −0,98). Изобутанол сильно влияет на показатель типа этих вин (r = −0,96) и их вкуса (r = −0,9). Отметим, что влияние этих химических соединений на данные показатели в группе вин российского происхождения гораздо менее выражено. К тому же, в российских игристых винах влияние изобутанола на эти показатели противоположно по знаку. Это подтверждает предположение, что эти две обсуждаемые товарные группы игристых вин российского и зарубежного производства имеют значительные отличия не только в палитре потребительских качеств, но и в характере их формирования. Эти различия обоснованы фундаментальными различиями в технологических процессах их производства, как сообщалось выше.

Эти данные указывают на высокую степень взаимозависимости между значениями суммарной балловой оценки игристых вин, производимых ЕС, и объемными концентрациями этилацетата (r = 0,86), гексанола (r = 0,70), а также фенилэтанола (r = −0,87), причем последнего – в отрицательном направлении. Сравнивая значения такого рода оценок в двух обсуждаемых товарных группах игристых вин (российского и зарубежного происхождения), следует отметить, что, во-первых, в группе вин российского происхождения этот эффект существенно менее выражен, а во-вторых, влияние этилацетата и гексанола отмечено в противоположном направлении (r = −0,3 и r = −0,22 соответственно). Эти разногласия дают еще один аргумент в пользу дифференциации игристых вин российского и иностранного происхождения как двух различных товарных категорий.

По степени корреляции органолептической оценки игристых вин, вырабатываемых ЕС, с показателями их химического состава, стоит отметить «сильную степень» такого рода связи между показателем «тип» вин и объемной концентрацией в них бутанола-1 (r = 0,85); «вкус» и концентрацией пропанола-1 (r = −0,82), а также бутанола-1 (r = 0,74); «букет» и концентрацией ацетальдегида (r = 0,85) и пропанола-1 (r = 0,7); «цвет» и концентрация метанола (r = 0,74) и гексанола (r = 0,7); «прозрачность» и концентрация метанола (r = 0,89). Сравнительная оценка двух обсуждаемых товарных групп показывает, что, как и в вышеприведенных случаях, степень влияния, наблюдаемая в группе российских вин, менее выражена, а у многих этих соединений – разнонаправленная, что подтверждает гипотезу о целесообразности категориальной дифференциации игристых вин российского и иностранного происхождения.

Вместе с тем определен характер влияния некоторых из этих химических соединений на формирование вкусовых характеристик игристых вин российского происхождения: бутанола – на «вкус»; ацетальдегида, а также пропанол-1 – на «букет»; метанола – на «цвет» и на их «прозрачность».

Что касается взаимозависимости других показателей органолептической оценки игристых вин и других химических соединений, перечисленных в табл. 5 и 6, такое подтверждение не может быть сделано из-за различий в технологии производства этих вин и отсутствия экспериментальных данных в этом отношении.

Для оценки типа игристых вин иностранного производства отмечена «умеренная степень» корреляции между показателями «тип» вин и концентрацией в них этилацетата (r = 0,63), а также метилацетата (r = 0,49); «вкус» и концентрацией гексанола (r = −0,67), при этом заметим отрицательный характер этой взаимосвязи; «букет» и концентрацией метилацетата (r = −0,64), отметим, что это соединение тоже отрицательно влияет на формирование букета вина; «цвета» и концентрацией ацетальдегида (r = 0,54); «прозрачность» и концентрацией бутанола (r = 0,5), а также пропанола-1 (r = −0,66), метилацетата (r = −0,52) и изобутанола (r = −0,49), при этом влияние трех последних соединений имеет негативное направление. Следует отметить, что негативный характер влияния имеет и концентрация метилацетата на «букет» игристых вин российского происхождения. Эта природа подтверждается аналогичным фактом для игристых вин иностранного происхождения. Аналогичное утверждение можно сделать относительно показателя «прозрачность» и концентрацией метилацетата, а также положительного влияния ацетальдегида на «цвет» игристых вин.

Полученные данные расширят границы понимания процессов, возникающих при формировании важнейших параметров потребительской ценности игристых вин российского происхождения, и будут служить для дальнейшего развития технологических инструментов для направленного влияния на эти процессы.

Что касается неоднородности выявленных взаимосвязей между параметрами органолептической оценки игристых вин российского и иностранного происхождения и присутствием в них отмеченных выше химических соединений, то эти несоответствия могут служить в пользу ранее заявленного мнения о необходимости и возможности категориальной дифференциации игристых вин российского и иностранного происхождения.

Чтобы подтвердить правильность проведенной квалиметрической оценки образцов игристых вин, произведенных в традиционных винодельческих регионах ЕС, целесообразно, по аналогии с винами российского происхождения, провести внутригрупповой анализ взаимосвязи между показателями сенсорной оценки. Результаты этого анализа приведены в табл. 7.

Таблица 7 – Результаты корреляционного анализа между показателями органолептической оценки в группе игристых вин происхождения из стран ЕС

Наименование показателей	Сумма баллов	Тип	Вкус	Букет	Цвет	Прозрачность
Суммарная органолептическая оценка	1,00	0,24	−0,11	0,71	0,53	0,26
Тип	0,24	1,00				
Вкус	−0,11	0,79	1,00			
Букет	0,71	−0,51	−0,72	1,00		
Цвет	0,53	−0,33	−0,20	0,64	1,00	
Прозрачность	0,26	0,40	0,59	−0,14	0,61	1,00

Существует «сильная» корреляция между показателями суммарной органолептической оценки и букетом игристых вин иностранного производства (r = 0,71) и «умеренная» – между этим показателем и цветом (r = 0,53). Обе пары взаимозависимости подтверждают ранее приведенные суждения, сделанные в отношении дополнительного индикатора измерения, суммируя значения показателей вкуса и букета.

Для достижения целей данного исследования целесообразно провести корреляционный анализ, в котором суммируется взаимосвязь всех измеренных значений химических соединений с показателями органолептической оценки обеих групп игристых вин: произведенных в России и в странах ЕС. Результаты этого анализа отражены в значениях коэффициентов Пирсона (выборочно) в табл. 8. Полученные данные будут формализовать характер формирования важнейших показателей потребительской ценности этих вин. Для выборки принимаются только существенные значения указанных коэффициентов. Для оценки силы влияния факторов используется шкала Чеддока.

Таблица 8 – Выборочная корреляция в группе игристых вин происхождения из стран ЕС

Наименование показателей	Значения коэффициентов корреляции Пирсона			
	Сумма баллов	Тип	Вкус	Букет
Ацетальдегид	0,73	0,73	0,37	0,64
Изобутанол	0,28	0,06	0,01	0,55
Метилацетат	−0,84	−0,43	−0,66	−0,75
Пропанол-1	0,63	0,68	0,39	0,49
Фенилэтанол	−0,64	−0,25	−0,44	−0,60

Как видно из данных, суммарная органолептическая оценка игристых вин из стран ЕС в «высокой степени» определяется концентрацией в них метилацетата и ацетальдегида, при этом направление данного влияния различается: первое из этих соединений оценивается как отрицательный фактор (r = −0,8), в то время как второй – положительный (r = 0,7). Влияние на формирование значений указанного показателя концентраций фенилэтанола и пропанола-1 можно оценить, как «заметное». Влияние этих химических соединений также

разнонаправлено: отрицательно в первом случае (r = −0,6) и положительно – во втором (r = 0,6).

Наибольшее значение отмеченных химических соединений выражается на формировании «букета» анализируемой группы вин. Эффект метилацетата на этот процесс «высокий» (r = −0,8), а остальная часть указанных химических соединений – «заметно влияет»: ацетальдегид (r = 0,6), фенилэтанол (r = −0,6) и пропанол-1 (r = 0,5). Отметим, что при образовании букета вин в этой категории оказывает значительное влияние другой представитель высших спиртов – изобутанол (r = 0,6). Отметим также, что «высокое» отрицательное влияние на формирование «вкуса» игристых вин этой группы имеет метилацетат (r = −0,7), а на формирование их «типа» «высокий» положительный эффект (r = 0,7) имеет ацетальдегид и пропанол-1. Статистически значимых значений влияния других анализируемых химических соединений, перечисленных в табл. 8, на формирование вкусо-ароматических параметров игристых вин из стран ЕС не выявлено.

Таким образом, наиболее значительные различия между российскими игристыми винами и их европейскими конкурентами наблюдаются в более высоких концентрациях в первых ацетальдегида. Принимая во внимание волатильность концентрации этого вещества в винах обеих рассматриваемых категорий, разница в значениях данного показателя достигает минимума в 1,5 раза, а максимума – больше, чем 29. В среднем значение обсуждаемого показателя составляет 2,3. Это позволяет идентифицировать игристые вина по концентрации в них ацетальдегида. Это самый значимый показатель квалиметрического анализа ассортиментной принадлежности к группе игристых вин разного происхождения.

Концентрация ацетальдегида в игристых винах российского происхождения превышает этот показатель для шипучих вин того же происхождения в 2,5–3,3 раза (в среднем 3,1). Это различие является достаточным для реализации технологической идентификации игристых и газированных вин.

Что касается второго показателя, пропанола-1, то значения его концентраций в винах европейского происхождения также сильно отличаются от российских игристых вин в 1,2–7,6 раза (в среднем в 2 раза). Очевидно, что концентрация пропанола-1 также может стать квалиметрическим показателем происхождения игристых вин: российские или европейские. Использования показателя концентрации пропанола-1 в качестве критерия технологической идентификации также позволяет категоризовать вина российского происхождения: концентрация пропанола-1 в игристых винах в 5–10 раз выше, чем в газированных винах.

Совокупность приведенных выше фактов позволяет сделать вывод о высоком и заметном влиянии на формирование важных для потребителей параметров органолептической оценки игристых вин отдельных химических соединений из классов спиртов, эфиров и альдегидов. Положительное влияние на суммарную органолептическую оценку отмечено для концентраций пропанола-1, изобутанола и ацетальдегида, в то время как фенилэтанол и метилацетат проявляют в этой оценке отрицательное воздействие.

Экспериментальные исследования показали, что гипотеза о наличии существенных различий между российскими игристыми винами, имеющими и не имеющими географического указания, не нашла квалиметрического подтверждения. Статистически значимых различий в значениях органолептических показателей для этих категорий вин не установлено. Гипотеза не была подтверждена и по утверждению отсутствия различий в значениях органолептической оценки между игристыми винами российского происхождения и производимыми в традиционных винных регионах Европейского Союза. Вина, произведенные в ЕС имеют статистически значимые значения этих показателей по сравнению с российскими.

Причиной такого состояния дел, скорее всего, следует считать низкий уровень винодельческой культуры этого вида вин, который объясняется отсутствием надлежащего регулирования в качестве сырья (разновидности и состояния винограда), вин и условий процесса, в частности стадии вторичного брожения вина в герметично закрытых емкостях.

Для ассортиментной идентификации игристых вин различного региона происхождения предлагается использовать качественный показатель массовой концентрации в них ацетальдегида и пропанола-1. Для игристых вин, произведенных в традиционных винных регионах европейских стран (Старый винный свет), значение первого показателя составляет (101,9 ± 26,9) мг/дм^3 для вин европейского происхождения и (44,0 ± 41,5) мг/дм^3 для российских вин. Значимость второго показателя для вин европейского происхождения также выше (32,0 ± 2,7) мг/дм^3, чем для российских вин (16,5 ± 12,4) мг/дм^3. Высокая волатильность этих показателей для вин российского происхождения обусловлена несоответствием технологических параметров виноделия из-за отсутствия строгих правил и разделения технологических этапов как во времени, так и в географии. Несмотря на этот факт, эти показатели имеют значительную разницу в игристых винах европейского и российского происхождения (в среднем 2–2,5 раза превышение).

Для технологической идентификации игристых вин российского происхождения для установления их подлинности и отличия от газированных вин, в которых присутствие диоксида углерода является экзогенным, также предлагается для использования вышеуказанных двух индикаторов. В этом отношении отметим, что газированные вина содержат в своем составе значительно меньше (в 3 раза для ацетальдегида и в 10 раз для пропанола-1). Эти химические соединения, действуя как квалиметрический показатель природы процесса спиртового брожения в игристых винах, приводят к появлению других ароматических соединений. Значения концентрации в игристых винах – (14,0 ± 3,8) мг/дм^3, а пропанола-1 – (1,5 ± 0,9) мг/дм^3.

Предлагается схема категориальной классификации игристых вин, которая отличается от традиционной схемы национальной классификации шампанского и игристых вин тем, что «российские шампанские» вина классифицируются как «игристые».

Российские игристые вина, имеющие и не имеющие собственных национальных указаний названия места их происхождения на современном уровне развития российского виноделия, нецелесообразно дифференцировать в различные товарные группы классификации ввиду отсутствия статистически достоверных различий в значениях существенных параметров их потребительской ценности. Установление критериев дифференциации в классификации игристых вин без достаточных доказательств различий в ассортиментной и технологической идентификации приведет к заблуждению потребителей о достоинствах типов и сортов вин, а позднее – к появлению безразличий покупателей. В этих условиях российские игристые вина, которые не имеют указаний на регион происхождения, должны принадлежать к одной и той же классификационной группе. Разделение этих двух групп игристых вин возможно только в долгосрочной перспективе с соответствующими изменениями в организационных и технологических регламентах производства игристых вин, интеграции технологического, сырьевого, временного и других существенных этапов производственного процесса.

Согласно технологическому принципу российских вин, содержащих двуокись углерода, целесообразно разделить на две значительно разные категории: игристые вина (в которых углекислый газ образуется в результате процессов эндогенной генерации в процессе спиртового брожения) и газированные вина (в которых двуокись углерода вводится экзогенно). Различия в значениях основных показателей потребительской стоимости вин этих категорий подтверждаются результатами органолептических, физико-химических, статистических и корреляционных анализов.

Для идентификации и категоризации игристых вин целесообразно использовать два предложенных качественных показателя: значения концентрации в них ацетальдегида и пропанола-1. Для игристых вин, произведенных в традиционных винодельческих регионах Европы (страна Старого мира вина), значение первого показателя в 2,3 раза, второго – в 1,9 раза выше, чем аналогичные значения для российских игристых вин.

Для технологической идентификации российских игристых вин также целесообразно использовать два вышеуказанных показателя. В игристых винах российского происхождения

массовая концентрация ацетальдегида в 3 раза превышает аналогичные значения для группы газированных вин, а пропанола-1 – в 10 раз.

Список литературы

1. Бастрон, Е. В. Системный подход к разработке схемы категорийной классификации портвейнов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 / Бастрон Елена Владимировна. – Кемерово, 2015. – 151 с.

2. Киселев, В. М. Системный анализ рынка вин / В. М. Киселев, А. А. Казанцев, А. В. Каленская // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2/2. – С. 39–43.

3. Моделирование квалиметрической оценки вин (часть 1) / В. М. Киселев [и др.] // Виноградарство и виноделие. – 2013. – № 6. – С. 7–11.

4. Моделирование квалиметрической оценки вин (часть 2) / В. М. Киселев [и др.] // Виноградарство и виноделие. – 2014. – № 1. – С. 4–8.

5. Киселев, В. М. Системный анализ игристых вин на российском потребительском рынке (часть 1) / В. М. Киселев, Т. Ф. Киселева, Р. И. Керимова // Виноградарство и виноделие. – 2014. – № 5. – С. 4–9.

6. Киселев, В. М. Системный анализ игристых вин на российском потребительском рынке (часть 2) / В. М. Киселев, Т. Ф. Киселева, Р. И. Керимова // Виноградарство и виноделие. 2014. – № 6. – С. 12–17.

7. Bartoloni, E. The persistence of innovation: A panel data investigation on manufacturing firms / E. Bartoloni // International Review of Applied Economics. – 2012. – Vol. 26 (6). – P. 787–810.

8. Cusin, J. Appropriate persistence in a project: The case of the Wine Culture and Tourism Centre in Bordeaux / J. Cusin, J. Passebois-Ducros // European Management Journal. – 2015. – Vol. 33. – P. 341–353.

9. Isolation and quantification of oligomeric pyranoanthocyanin-flavanol pigments from red wines by combination of column chromatographic techniques / J. He [et al.] // Journal of Chromatography. – 2006. – Vol. 1134. – P. 215–225.

10. Kiselev, V. M. Consumer demand descriptors for the emerging wine market / V. M. Kiselev, T. F. Kiseleva, V. A. Terentyev // Transformations in business & economics. – 2016. – Vol. 15, № 1 (37) January. – P. 160–172.

11. Sparkling wine market analysis / V. M. Kiselev [et al.] // Life Science Journal. – 2014. – 11 (12). – P. 456–462.

12. Physico-chemical and electronic nose measurements on the study of biscuit baking kinetics / S. Romani [et al.] // Italian journal of food science. – 2012. – Vol. 24. – P. 32–40.

13. Evaluation of Coffee Roasting Degree by Using Electronic Nose and Artificial Neural Network for Off-line Quality Control / S. Romani [et al.] // Journal of food science. – 2012. – Vol. 77. – P. 960–965.

УДК 663.25

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОРТВЕЙНА НА ОСНОВЕ ЕГО КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ

Т. Ф. Киселева, Е. В. Бастрон, Е. Н. Зубарева
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Вина, как и все вкусовые товары, призваны выполнять одну из самых главных функций – удовлетворять органолептические потребности по широкой гамме вкусо-ароматических соединений. Зачастую эти соединения, обусловливающие характерный, неповторимый букет вина, в значительной степени формируют те или иные потребительские предпочтения к определенной группе вин.

Существующие в настоящее время нормативные документы на данную товарную категорию не позволяют в полной мере идентифицировать напитки, поступающие в розничную торговую сеть ввиду того, что в них нормируются только значения общих показателей (объемная доля этилового спирта, массовая концентрация сахара, титруемых и летучих кислот, приведенного экстракта), которые ни в коей мере не могут служить идентификационными характеристиками для той или иной группы вин. В большей степени они могут являться нормативами для установления критерий безопасности продукции и отнесения ее к определенной категории качества.

Каждый из вышеперечисленных показателей можно рассматривать как комплексный ввиду того, что он в своем составе содержит массу соединений, оказывающих определенное влияние на вкусо-ароматические характеристики вин. Так, показатель массовой концентрации сахара не может служить идентификатором, поскольку он включает как моно-, так и дисахариды, имеющие разную степень сладости. А если рассматривать этот показатель в рамках сахаро-кислотного индекса, то становится очевидным, что масса кислот, образующихся в вине в период главного брожения и выдержки, когда формируется букет вин, совершенно по-разному будет вести себя при биохимических процессах взаимодействия основных, вторичных и побочных продуктов брожения. Очень трудно также идентифицировать этиловый спирт, содержащийся в вине (является он продуктом естественного брожения или внесен извне, в том числе и не из пищевого сырья) [1–5].

Использование сахаросодержащих продуктов, вносимых в вино извне, а не имеющих эндогенную основу, является недопустимым, это меняет индивидуальный профиль сахаров в определенной категории вин и также является возможным элементом фальсификации. Здесь следует обратить внимание на то, что при отклонении также технологических параметров от нормальных значений, в частности брожения (температурный режим, недостаток азотсодержащих соединений, необходимых дрожжам, наличие ингибиторов процесса) сбраживающая способность может быть не реализована в полной мере и соотношение отдельных групп сахаров изменяется [6–8].

Поэтому в настоящее время на потребительский рынок Российской Федерации поступает огромное количество фальсифицированной алкогольной продукции отечественного и зарубежного производства, в том числе и винодельческой, ввиду трудности ее идентификации и достаточно простой и разнообразной фальсификации.

Целью настоящих исследований является выявление идентификационных характеристик крепленых вин (на примере портвейна), формируемых в процессе биохимического катализа, происходящего при получении этой категории вин и оказывающих существенное влияние на образующиеся группы химических соединений, формирующих неповторимый вкус и букет.

Для исследования были взяты образцы портвейнов разных ценовых категорий, как отечественных, так и зарубежных товаропроизводителей, реализуемые в предприятиях розничной торговли Сибирского федерального округа.

Анализ химических соединений, которые предполагается использовать в качестве идентификационных характеристик, анализировали методом газожидкостной хроматографии в сертифицированной для этих анализов лаборатории.

За конечный результат брали среднее значение трехкратных определений, обработанных методами математической статистики с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

Портвейн – это тип крепленого вина, традиционно производимого в Северной Португалии. Несмотря на то, что портвейн – это истинно португальское вино, ранее нами установлено, что доля его на российском потребительском рынке ничтожно мала и основную массу реализованной продукции представляют портвейны, имеющие отечественное происхождение. Российские покупатели предпочитают портвейны по цвету традиционно красные и белые, доля розовых очень мала [9, 10].

Характерной особенностью процесса винификации портвейна является то, что после биохимического превращения основной массы сахара виноградного сусла в этиловый спирт брожение прекращается путем добавления винного спирта. Все имеющиеся классификационные характеристики портвейнов основаны, преимущественно, на их процессах дозревания в дубовых бочках. В результате выдержки происходят многообразные химические реакции с альдегидами, спиртами, эфирами, органическими кислотами, полифенольными соединениями, являющимися сильнейшими антиоксидантами, процессы, связанные с испарением и окислением разнообразных химических соединений [11, 12].

Эти изменения носят как качественный, так и количественный характер. В процессе выдержки вина существенно изменяется их количественный состав в сторону увеличения. И, чем вино качественнее, тем богаче спектр этих соединений, отвечающих за формирование вкуса и аромата. На рис. 1 в качестве примера приведена одна из наиболее типичных хроматограмм белого портвейна, произведенного в Португалии.

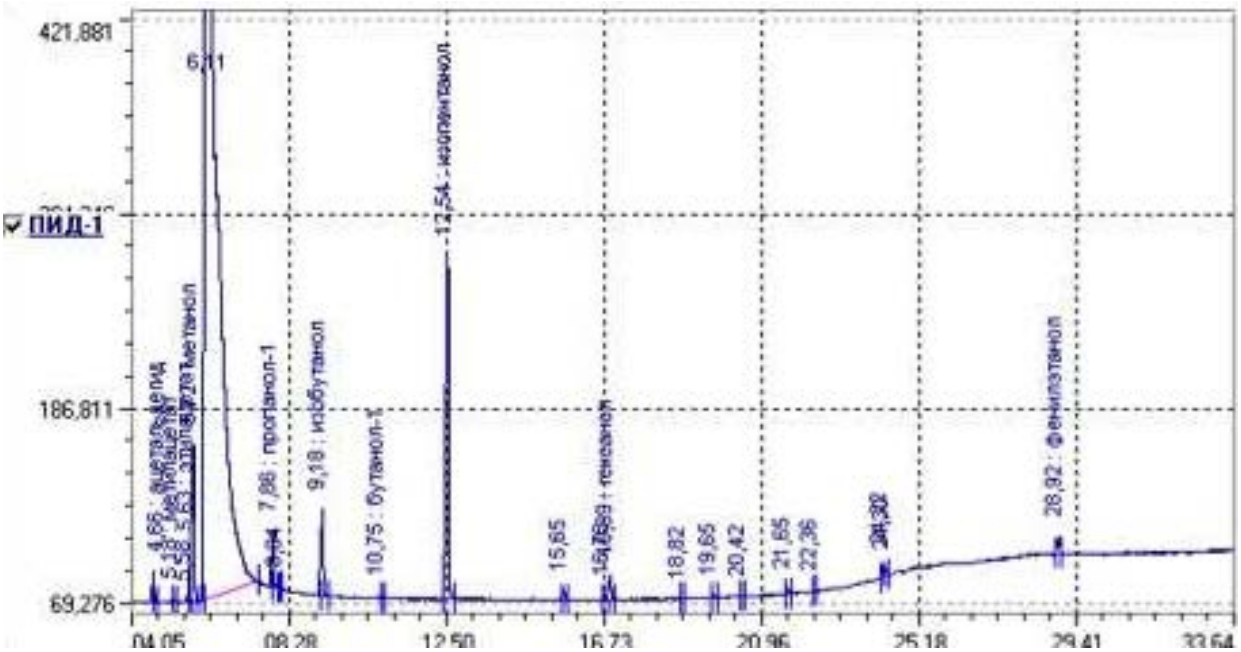


Рисунок 1 – Хроматограмма португальского портвейна

Как видно из рис. 1, в данном портвейне идентифицировано 22 соединения, представляющих интерес для наших исследований, а именно: спирты, эфиры, альдегиды. Количество идентифицированных соединений в португальских портвейнах разных анализируемых образцов приблизительно одинаково и колеблется от 20 до 30 наименований.

Для сравнения на рис. 2 приведена хроматограмма одного из портвейнов отечественных производителей (портвейна «Алушта»), которая существенно отличается по количественному составу идентифицированных соединений, формирующих вкус и аромат портвейна.

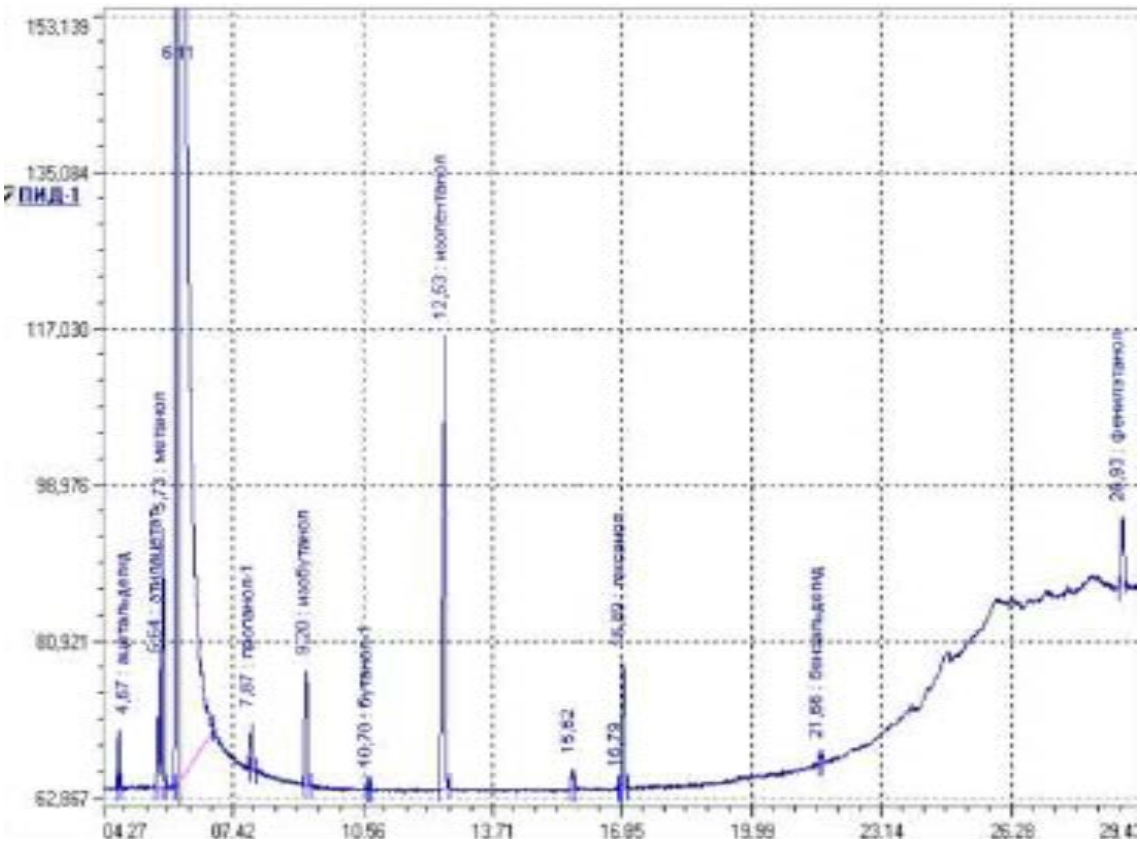


Рисунок 2 – Хроматограмма портвейна «Алушта»

Сравнительный анализ данных, приведенных на рис. 1 и 2, позволяет заключить о значительном расхождении идентифицированных соединений в группе портвейнов, произведенных разными товаропроизводителями. Если сравнивать полученные данные в количественном соотношении, то в российском образце портвейне этих соединений на 40 % меньше. Это может свидетельствовать как о нарушениях на начальных этапах (при использовании сырьевых ресурсов), так и традиционных технологических процессов выдержки.

Согласно химизма спиртового брожения, сахара, содержащиеся в виноградном сусле, подвергаются биохимическим предвещаниям под действием дрожжей с образованием этилового спирта через ряд промежуточных реакций, конечной из которых является восстановление ацетальдегида до этилового спирта. Не весь ацетальдегид в данном процессе восстанавливается до этилового спирта, часть его остается в среде и может оказывать значительное влияние на формирование букета портвейнов. Сам этиловый спирт имеет в невысоких концентрациях сладковатый привкус, а органические кислоты, содержащиеся в вине, понижают его сенсорные характеристики. В этой связи он сам только усиливает сладость содержащихся в вине сахаров. Кроме этого, он также снижает восприятие кислотности вина и делает его вкусовую гамму более сбалансированной по данному показателю. Этиловый спирт способен также повышать ощущаемую интенсивность фенольных соединений вин, создавая так называемую терпкость, что также характерно для портвейнов.

Немаловажное значение для формирования потребительской ценности играют также высшие спирты, которые образуются в виде вторичных и побочных продуктов брожения, в том числе и из азотсодержащих соединений путем реакций переаминирования и дезаминирования. Наибольшее значение здесь следует отдать так называемым сивушным и ароматическим спиртам. Последние в своем составе содержат фенольное кольцо и отличаются более приятным ароматом. Например, такой спирт, как фенилэтанол, имеет характерный аромат розы и является неотъемлемой частью эфирного масла, получаемого из этого растения. С другой стороны, алифатические спирты, по мере увеличения количества углеродных атомов в своем составе, резко изменяют свой профиль от неприятного (метанол, бутанол) до достаточно приятного аромата (гексанол). Высшие спирты оказывают влияние в основном на вкус вин, участие их в формировании букета менее существенное.

Остаточная большая или меньшая сладость портвейна является также результатом наличия в них ароматических соединения в сочетании с умеренно сладким вкусом этилового спирта и глицерина.

В табл. 1 приведены средние значения ацетальдегида и эфиров, образующихся в процессе брожения и выдержки традиционных португальских и отечественных проанализированных 28 образцов портвейнов.

Таблица 1 – Массовая концентрация вторичных и побочных продуктов брожения

Наименование показателей	Португальские портвейны	Отечественные портвейны
Массовая концентрация, мг/дм^3:	Значения	
– ацетальдегида	41,4±6,2	24,8±9,2
– метилацетата, мг/дм^3	2,7±1,3	2,6±2,9
– этилацетата, мг/дм^3	33,4±7,5	83,4±117,5
– метанола, мг/дм^3	212,8±37,5	68,2±35,5
– этанола, мг/дм^3	19,0±0,5	16,7±2,3
– пропанола-1 мг/дм^3	50,8±3,3	17,3±11,7
– бутанола-1, мг/дм^3	2,7±0,5	1,7±0,8
– изобутанола мг/дм^3	88,2±6,5	26,0±12,1
– изопентанола мг/дм^3	348,5±30,7	107,7±50,7
– гексанола мг/дм^3	33,4±8,8	48,7±47,0
– фенилэтанола мг/дм^3	26,6±11,1	29,8±20,8

Как видно из приведенной таблицы, отечественные портвейны имеют существенный разброс в значениях показателей эфиров, отвечающих за формирование параметров потребительской ценности, по сравнению с португальскими. Это отличие можно объяснить различными параметрами технологических процессов, характерных для указанных выше регионов. За счет гидролиза лигнина при выдержке в дубовых бочках повышается количество соединений, участвующих в образовании различных групп высших спиртов. По большинству показателей российские портвейны существенно отличаются от португальских, а имеющийся разброс в виде отклонений в данной товарной категории свидетельствует об нестабильности их химического состава.

Проведенная математическая обработка полученных результатов посредством корреляционно-регрессионного анализа позволила установить высокую корреляционную зависимость между отдельными химическими соединениями в португальских и российских портвейнах. Так, например, коэффициент парной корреляции между такими соединениями, как ацетальдегид и метилацетат, для российских портвейнов составляет 0,94, а для португальских – 0,9. Эти соединения могут являться одним из критериев идентификации для группы портвейнов отечественного и зарубежного производства.

Список литературы

1. Characterization of wines according the geographical origin by analysis of isotopes and minerals and theinfluence of harvest on isotope values / S.V. Dutra [et al.] // Food Chemistry. – 2013. – Vol. 141. – P. 2148–2153.

2. The distribution of stable isotopes of the carbon in plants of grape and wine according to climate factors of district / L. A. Oganesyants [et al.] // Food Proccessing Industry. – 2013. – № 1. – P. 12–15.

3. Распределение стабильных изотопов углерода в виноградном растении и в вине в зависимости от климатических факторов местности / Л. А. Оганесянц [и др.] // Пищевая промышленность. – 2013. – № 2. – С. 28–31.

4. Mass spectrometric analysis of the $^{13}C/^{12}C$ abundance ratios in vine plants and wines depending on regional climate factors (Krasnodar krai and Rostov oblast, Russia) / L. A. Oganesyants [et al.] // Journal of Analytical Chemistry. – 2013. – Vol. 68, № 13. – P. 1136–1141.

5. Изотопные характеристики этанола вин из российского винограда / Л. А. Оганесянц [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2015. – № 4. – С. 8–12.

6. Christ, E. Understanding of stuck fermentations: investigations on the relationship between the microbial diversity and chemical composition of must. Dissertation Zur Erlangung des Grades Doktor der Naturwissenschaften Am Fachbereich Biologie, Mainz, 2015. URL: https://publications.ub.uni-mainz.de/theses/volltexte/2015/3981/pdf/3981.pdf.

7. Zuehlke, J. M. Evaluation of *Zygosaccharomyces bailii* to Metabolize Residual Sugar Present in Partially-Fermented Red Wines / J. M. Zuehlke, B. C. Childs, C. G. Edwards // Fermentation. – 2015. – № 1. – P. 3–12.

8. Аникина, Н. С. Обоснование показателей для подтверждения виноградного происхождения концентрированного сусла / Н. С. Аникина, Н. В. Гниломедова, В. Г. Гержикова // Виноградарство и виноделие. – 2016. – Т. 46. – С. 62–65.

9. Моделирование квалиметрической оценки вин (часть 1) / В. М. Киселев [и др.] // Виноградарство и виноделие. – 2013. – № 6. – С. 7–11.

10. Киселев, В. М. Моделирование квалиметрической оценки вин (часть 2) / В. М. Киселев [и др.] // Виноградарство и виноделие. – 2014. – № 1. – С. 4–8.

11. Assessing the anthocyanic composition of Port wines and musts and their freeradical scavenging capacity / C. Pinho [et al.] // Food Chemistry. – 2012. – № 131. – P. 885–892.

12. Ageing impact on the antioxidant and antiproliferative properties of Port wines / H. Oliveira [et al.] // Food Research International. – 2015. – № 67. – P. 199–205.

УДК 602.4:641.5

АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ БИОНАНОПРОДУКТОВ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

А. А. Кокшаров
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Сегодня каждый член общества является потребителем той или иной услуги или товара. Наиболее продаваемые являются продуктом тяжелого длительного труда, включающего в себя совокупность экономических расчетов, лабораторных испытаний, научных заключений и других важных элементов научно-технического творчества. Тенденция усложнения процедур выведения на рынок инновационных разработок связана с тем, что они должны приносить прибыль и быть конкурентоспособными [1]. Последнее обеспечивается прикладными исследованиями, основывающимися на фундаментальных знаниях. Считается: именно такой процесс лежит в основе инновационной диффузии, когда проект становится товаром или услугой [2].

Принято считать, что спрос формирует предложение, тем не менее, в условиях динамично развивающегося рынка и внедрения инновационных разработок, базирующихся на фундаментальных исследованиях и стремящихся к коммерциализации и улучшению качества и безопасности товаров и услуг, предприниматели делают все возможное для предопределения будущих покупательских предпочтений, привлекая внимание потребителя и завоевывая новые ниши в рамках специфики своей деятельности. В связи с чем, следует предположить, что предприниматели создают новые и более совершенные товары и услуги, задавая тон для нового несформированного спроса, переводя «рынок спроса» на «рынок предложения», делая при этом потребителя все более требовательным.

В сфере агропромышленного комплекса, торговли, пищевой промышленности и общественного питания важным показателем качества готового продукта является его безопасность. Она формируется за счет факторов: технология производства; состав, рецептура; компетентность и квалифицированность кадров; сырье [3]. В условиях производства пищевой продукции на первые три фактора можно влиять и изменять, модернизировать, однако сырье можно только заменить на альтернативное.

К предприятиям, занимающимся переработкой пищевого сырья, относят предприятия пищевой промышленности и предприятия общественного питания, способы проведения входного контроля получаемого сырья на них отличаются. Так, значительная часть предприятий пищевой промышленности имеют в своей структуре собственную лабораторию для определения основных показателей безопасности поставляемого сырья. В структуре же предприятий общественного питания такого рода лабораторный анализ не проводится либо не предусмотрены. Существующие методы экспресс анализа показателей безопасности чаще недоступны, неизвестны предпринимателям, дорогостоящи и необязательны при проведении контроля, поэтому процедура входного контроля основывается на качественном и количественном контроле по сопроводительным документам и органолептическим показателям качества при приемке товара, продукции, лицами, осуществляющими приемку.

С учетом встречающейся сырьевой, документальной и иной фальсификацией существуют риски получения и переработки недоброкачественных товаров и продукции) [4]. Это, в свою очередь, позволяет выдвинуть гипотезу о вероятности попадания на предприятие общественного питания небезопасных продуктов или продуктов с высоким потенциальным риском опасности для жизни и здоровья человека и способна ли существующая структура обеспечения выпуска безопасной продукции снизить существующие риски до приемлемого уровня.

На сегодняшний день в России с 2015 года продукция общественного питания должна вырабатываться в соответствии с ТР/ТС 021/2011. Безопасность продукции обеспечивается за счет внедренной элементов системы ХАССП на предприятие [5]. Система представляет

собой совокупность принципов, в соответствии с которыми проводится глубокий анализ опасных факторов производства (химических, физических, санитарно-гигиенических), определяются критические контрольные точки, методы по снижению рисков и процедуры документирования основных положений. При проведении анализа рисков применяются методы определения степени тяжести по четырёхбалльной шкале (легкая, средняя, тяжелая, очень тяжелая) и определение вероятности нанесения опасными факторами вреда здоровью человека. Анализ включает определение характера опасности (его способность к увеличению) и определение источников загрязнения (нарушение условий хранения, персонал, производственная среда, оборудование, инвентарь, тара, первичные источники). К первичным источникам загрязнения относят: естественные (являющиеся нормальными для продукта); на этапе выращивания сырья; на этапе дополнительного внесения компонентов при производстве сырья предусмотренных технологией; на этапе хранения сырья перед реализацией, на этапе производства сырья при естественном неизбежном попадании загрязнителей, на этапе транспортировки сырья.

В соответствии с поставленной гипотезой, представляло интерес изучить виды сырья, первичные загрязнители которых могут представлять потенциальную опасность для конечного потребителя. Ниже в таблице 1 представлен результат проведенного анализа рисков.

Таблица 1 – Результаты анализа вероятности возникновения рисков сырья различного происхождения

Сырье по происхождению	Риски	Вероятность	Контролирующие и предупреждающие действия
Региональное	Выращивание и производство в условиях экологического состояния региона. Риск превышения содержания химических загрязнителей	Средняя	Производство и выращивание сырья в условиях благоприятной экологии
Отечественное	Выращивание и производство в условиях специальных пригодных зон	Низкая	Производство и выращивание сырья в условиях благоприятной экологии
Импортное	Выращивание и производство в неконтролируемых условиях. Риск содержания неизвестных химических и санитарно-гигиенических загрязнителей методы по определению которых в России не существует	Высокая	Ограничение или прекращение использования

Из таблицы видно, что в группу потенциального риска возможно отнести сырье импортного происхождения. Меньший риск связан с сырьем, произведенным в собственном регионе. Например, выращивание растительных культур вблизи г. Кемерово, где есть ряд крупных химических производств (КОКС, АЗОТ, ХИМПРОМ и др.) не рекомендовано, так как вредные выбросы могут оказать влияние через экосистему и в конечном продукте содержание тяжелых химических элементов может превышать допустимые нормы и быть небезопасными для потребителя. В сравнении с Алтайским краем, где предприятия тяжелой промышленности не распространены, а регион характеризуется зоной благоприятной для выращивания растительных культур, животных и других продуктов жизнедеятельности

флоры и фауны, риск загрязнения вредными химическими выбросами значительно низок [6]. К продукции импортного происхождения имеет потенциальную опасность и высокий риск ее возникновения. Связано это с возможностью применения технологий, не применяемых и неизвестных отечественным производителям и органам контроля продукции. Отсутствие методов по определению и идентификации загрязнителей пищевой продукции импортного происхождения предполагает наличие риска опасного для здоровья. Вероятность попадания такого сырья в предприятие общественного питание высока.

Ниже в таблице 2 представлен анализ рисков сырья в зависимости от способа его получения. Следует отнести, что способы получения сырья могут быть традиционными (домашнее скотоводство, экологически чистые продукты без применения препаратов роста и др.) и с применением мировых современных технологий: технологии химической промышленности, нанотехнологии, биотехнологии, технологии генной инженерии (ГМО), бионанотехнологии и др.

Таблица 2 – Результаты анализа вероятности возникновения рисков сырья в зависимости от способа производства

Сырье по способу производства	Риски	Вероятность	Контролирующие и предупреждающие действия
Натуральные. Экологически чистые	Выращивание и производство естественным способом в условиях экологической чистоты	Низкая	Обеспечение условий экологического производства. Предъявление общих требований безопасности продукции
С применением препаратов химической промышленности	Выращивание и производство с применением химических препаратов. Загрязнение пестицидами, нитратами, антибиотиками и другими веществами	Высокая	Контроль содержания химических загрязнителей пищевой продукции в пределах допустимых норм. Ограничение доступа небезопасной продукции
Генномодифицированные	Выращивание и производство с применением технологий генной инженерии. Получение продукции с измененными ДНК. Неподтвержденная безопасность. Возможность оказания мутагенного, тератогенного воздействия на организм человека	Высокая	Ограничение доступа продукции. Нанесение соответствующей маркировки (ГМО) на продукт
Бионанопродукты	Выращивание и производство с применением нано частиц. Неподтвержденная безопасность. Высокая проникающая способность в ткани организма. Риск аллергических реакций	Высокая	Ограничение доступа продукции. Нанесение соответствующей маркировки (БН) на продукт

Особый интерес представляет сырье бионанотехнологии. Технология входит в группу конвергентных технологий и является стратегически важной для развития страны [7]. Она затрагивает многие области экономики, в том числе и производство пищевой продукции [8]. Продукты, получаемые методами бионанотехнологии, приобретают новые свойства: в разы

увеличивается усвояемость микро- и макроэлементов; увеличивается сопротивляемость растений к неблагоприятным факторам внешней среды и др. [9]. Технология стала известна в России относительно недавно и последствия ее влияния на организм человека до конца не изучены. Сегодня существует не много сведений об имеющихся свойствах бионанопродукции и их возможном влиянии на организм человека [10]. В таблице 3 проведен их анализ.

Таблица 3 – анализ влияния свойств бионанопродуктов на организм человека

Показатели	Свойство/определение	Риски
Частица размером 10^{-9}	Высокая проникающая способность	Не изучены механизмы взаимодействия наночастиц с клеткой организма. Не изучены пути проникновения и выведения из клетки. Риск возникновения аллергических реакций.
Усвояемость	Усвоение частиц микро- и макро- элементов в разы выше, чем при употреблении традиционных обогащенных продуктов	Не изучен процент усвояемости микро-макроэлементов, полученных бионаноспособом, на организм человека. Риск избытка содержания элементов в рационе. Риск возникновения заболеваний или пищевого отравления.
Пищевые бионаноотходы	Механизм нейтрализации бионаночастиц после утилизации отходов с их содержанием	Продукты переработки бионаноотходов могут представлять опасность для окружающей среды. Возможность образования новых форм загрязнителя в результате взаимодействия бионаночастиц с другими отходами и выбросами (химическими, биолггическими и др.). Риск попадания таких комплексов через экосистему в пищевые продукты. Риск канцерогенного, мутагенного и тератогенного воздействия
Отработанные бионаночастицы	Период выведения из организма не изучен. Бионаночастицы менее подвержены общим принципам выведения их из организма человека	Частицы могут длительное время оставаться в организме человека, оказывая как положительное, так и отрицательное воздействие. Риск аллергических реакций
Количественное содержание бионаночастиц	Отсутствуют методы определения бионаночастиц в пищевом продукте	Отсутствие установленных норм содержания бионаночастиц в пищевом продукте, их суточное потребление и др. Риск пищевого отравления и аллергических реакций
Адаптация инфекций	Тенденция адаптация вирусов, паразитов, микроорганизмов к нанопрепаратам и как следствие появление новых устойчивых форм	Отсутствие своевременных методов лечения новых форм болезней. Риск длительного заболевания. Риск инвалидности. Риск летального исхода
Пищевые технологии	Не изучены процессы поведения бионанопродуктов при воздействии на них пищевых технологий производства продукции	Риск возникновения продуктов сложного состава, представляющих опасность для здоровья человека. Риск проникновения наночастиц в пищевое оборудование и инвентарь и вызывать химические реакции

На основании проведенного анализа рисков, связанных с сырьем бионанотехнологий, которое потенциально может поставляться на предприятия общественного питания, можно сделать заключение о вероятности попадания такой продукции в сети предприятий общественного питания. Несовершенство методов входного контроля, обеспечивающих безопасность потребляемой готовой продукции, приводит к возникновению потенциальной опасности для потребителя. Исследования вопросов обеспечения безопасности бионанопродукции являются стратегически важными.

Список литературы

1. Савченко, И. В. Выведение инновационных продуктов: особенности и проблемы / И. В. Савченко. – М.: МИР, 2016. – С. 97-101.
2. Новоселов, С. В. Методология проектирования и продвижения на потребительский рынок пищевых продуктов в условиях инновационной деятельности: монография / С. В. Новоселов, Л. А. Маюрникова; КемТИПП; – Кемерово, 2013. – 360 с.
3. Маюрникова, Л. А. Обеспечение безопасности блюд японской кухни / Л. А. Маюрникова, Н. В. Горняков, А. А. Кокшаров, С. В. Новоселов // Сборник статей: Проблемы техносферной безопасности – 2015 I Международная заочная научно-практическая конференция. – 2015. – С. 197–206.
4. Изучение влияния добавок суши: васаби, имбиря и соевого соуса на безопасность их потребления / Л. А. Маюрникова, В. В. Трихина, А. А. Кокшаров, Т. В. Крапива // Пищевая промышленность. – 2015. – № 4. – С. 38–41.
5. ХАССП на предприятиях общественного питания: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rostcertification.ru/obshhestvennoe-pitanie.
6. Анализ и тенденции развития предприятий общественного питания в региональных условиях / А. А. Суханов, А. А. Кокшаров, Т. Ю. Большанина, Л. А. Маюрникова // В сборнике: Кузбасс: образование, наука, инновации материалы Инновационного конвента. Департамент молодежной политики и спорта Кемеровской области, Кузбасский технопарк, Совет молодых ученых Кузбасса. – 2016. – С. 186–189.
7. Шевченко, Ю. С. Концепт «Конвергентные технологии» / Ю. С. Шевченко, О. И. Николенко // Студенческий научный форум: VII Международная студенческая электронная научная конференция. – Москва. – 2105.
8. Заявление Совета по науке при Минобр и науки РФ о проекте концепции «Стратегии развития конвергентных технологий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=2c2d76a3-24e6-418c-92a6-6fd28aedfbc8.
9. Применение нанотехнологий в пищевой промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pitportal.ru/pipressarchiv/mar2012/11708.html.
10. Горбунова, Н. А. Риски и безопасность использования нанотехнологий пищевых продуктов: обзор / Н. А. Горбунова, Е. К. Туниева // Журнал теория и практика переработки мяса. – Москва. – 2016. – № 3.

УДК 33:641+613.2

УЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ АСПЕКТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕЦЕПТУР НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

М. С. Куракин, О. Г. Мотырева
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

На этапе разработки и проектирования любой новой продукции ключевым аспектом создания становится себестоимость разрабатываемого товара. На сегодняшний день в экономической науке выделяют, прежде всего, полную и предельную себестоимость единицы продукции, а также необходимо упомянуть о существовании таких основных видов себестоимости: технологическая, цеховая, производственная и полная себестоимость. При анализе структуры себестоимости по ключевым статьям калькуляции важно отметить, что значительная часть оной приходится на статью «сырье, полуфабрикаты, материалы и т.п.». На закупочную стоимость сырьевых ресурсов в свою очередь оказывает влияние множество факторов, в том числе инфляция [1, 2, 3, 4, 5]. С другой стороны, при создании новой, в том числе инновационной, пищевой продукции разработчик должен при наличии возможности учитывать не только уровень цен и окончательную отпускную стоимость, но и степень полезности продукта, выраженную через совокупность показателей его пищевой ценности. В этой связи актуальным представляется поиск новых, оригинальных и нестандартных подходов к снижению себестоимости разрабатываемой продукции при одновременном (сопряженном) учёте показателей пищевой ценности по основным макро- и микронутриентам [6, 7].

Полагаем, что целесообразным и отвечающим перечисленным выше критериям является метод расчета индексов пищевой плотности (ИПП) и определения нутриентной цены сырья или нутриентной цены продукта (НЦС или НЦП соответственно).

Разберём основополагающие понятия, необходимые для раскрытия сути метода. *Пищевая ценность* (сырья, полуфабриката, продукта) – показатель, характеризующий, прежде всего, количество определенного нутриента (в граммах) в фиксированной массе (100 г), а также калорийность (энергетическая ценность) в принятой единице массы. Например, пищевая ценность сыра «Российский» по белку составляет 23,2 г на 100 г продукта, калорийность 364 ккал на 100 г [8, 9]. *Индекс пищевой плотности* – это условная величина, учитывающая количество определенного нутриента в условной единице калории. Показатель индекса пищевой плотности принципиально отличается от пищевой ценности тем, что представляет собой величину «масса в калории», а не «масса в массе». *Нутриентая цена сырья (продукта)* – комплексный показатель, учитывающий одновременно стоимость сырья, его энергетическую ценность и средний индекс пищевой плотности. И, если для определения пищевой ценности достаточно воспользоваться справочными данными, то для определения ИПП и НЦС необходимо осуществить ряд дополнительных расчётов. С этой целью разработана методика, включающая алгоритм, который базируется на ряде данных, таких как: суточная потребность в энергии (выражаемая в ккал) для выбранной целевой группы населения или отдельно взятого индивида; пищевая ценность рассматриваемого наименования сырья (или продукта), цена за 1 кг сырья (продукта) [10, 11].

Рассмотрим прикладное применение метода расчета ИПП и НЦС на следующем примере: разработка нового функционального пищевого продукта для пожилых людей (возрастная группа 60 лет и старше), одним из составляющих основных компонентов которого должно быть молоко. На этапе проектирования рецептуры новой продукции перед разработчиком, с одной стороны, резонно встанут вопросы – какое именно молоко использовать, какой жирности, какой термической обработки? С другой стороны, разработчику одновременно необходимо учесть будущую функциональную направленность продукта и обеспечить определенные значения пищевой ценности по ряду эссенциальных

веществ. В приведенном примере это будут: высокое содержание кальция, фосфора, низкое содержание натрия, жира, а также обеспечить доступную цену разрабатываемого продукта.

Согласно разработанной методики определим ИПП для разных наименований молока по следующим пищевым веществам: белки, жиры, углеводы, пищевые волокна, натрий, калий, кальций, магний, фосфор, железо, витамин B_1, витамин B_2, витамин PP, витамин C. Дополнительно рассчитаны показатели: средний ИПП и НЦС для каждого рассматриваемого наименования молока. Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Индексы пищевой плотности по основным макронутриентам молока

Наименование сырья	Индексы пищевой плотности				Средний ИПП	НЦС*, руб.
	Белки	Жиры	Углеводы	Пищевые волокна		
Молоко пастеризованное нежирное	3,17	0,05	1,05	0,00	2,70	79,86
Молоко топленое нежирное	3,17	0,05	1,05	0,00	2,49	101,03
Молоко топленое 1,0% жирности	2,54	0,75	0,12	0,00	1,99	86,68
Молоко белковое	2,80	0,57	0,85	0,00	1,78	74,55
Молоко пастеризованное 1,5 % жирности	2,25	1,00	0,73	0,00	1,94	105,38
Молоко пастеризованное, 2,5 % жирности	1,82	1,38	0,61	0,00	1,68	101,41
Молоко стерилизованное, 1,5 % жирности	2,25	1,00	0,73	0,00	1,84	111,11
Молоко стерилизованное, 2,5 % жирности	1,82	1,38	0,61	0,00	1,56	109,21
Молоко пастеризованное 3,2 % жирности	1,63	1,59	0,54	0,00	1,54	124,46
Молоко стерилизованное 3,2 % жирности	1,69	1,59	0,54	0,00	1,50	127,78
Молоко пастеризованное 3,5 % жирности	1,58	1,69	0,52	0,00	1,54	120,44
Молоко стерилизованное 3,5 % жирности	1,61	1,66	0,51	0,00	1,43	127,65

* - при расчете показателя НЦС применялись среднерозничные цены в торговой сети г. Кемерово по состоянию на 4 квартал 2017 г.

Отметим, что, чем выше значение показатели ИПП по разным нутриентам, тем больше в продукте рассматриваемого пищевого вещества в условной единице калории, а также, чем ниже НЦС, тем одновременно выгодней по цене и предпочтительней по средним значениям ИПП соответствующее наименование молока.

Для приведенного примера необходимо дополнительного ввести ещё один показатель – коэффициент предпочтения по соответствующему нутриенту ($КП_н$). Данный показатель представляет собой отношение ИПП по выбранному пищевому веществу к НЦС, дополнительно дробь умножена на 100. Таким образом, данный коэффициент отражает одновременно сочетание высокого содержания определенного нутриента и степень доступности цены рассматриваемого наименования сырья (полуфабриката или пищевого продукта). Полученные значения $КП_н$ по разным нутриентам приведены в таблице 3, в последнем столбце показан общий коэффициент предпочтения для конкретного наименования сырья, который представляет собой с учётом условий, стоящих перед разработчиком, сумму $КП_{кальций}$ и $КП_{фосфор}$ за вычетом $КП_{жиры}$ и $КП_{натрий}$, так как первые два нутриента необходимы в большем количестве, а жиры и натрий в меньшем.

Таблица 2 – Индексы пищевой плотности по основным микронутриентам молока

Наименование сырья	Индексы пищевой плотности									
	минеральные вещества						витамины			
	Na	**K**	**Ca**	**Mg**	**P**	**Fe**	**B_1**	**B_2**	**PP**	**C**
Молоко пастеризованное нежирное	**2,88**	4,37	**7,55**	2,70	**8,54**	0,72	1,92	5,99	3,23	1,04
Молоко топленое нежирное	**2,76**	4,20	**7,43**	2,52	**8,27**	0,72	0,96	5,19	3,23	0,24
Молоко топленое 1,0% жирности	**2,21**	3,36	**5,94**	2,01	**6,61**	0,58	0,77	4,15	2,59	0,19
Молоко белковое	**1,77**	2,78	**5,01**	1,77	**5,31**	0,44	1,18	3,93	1,99	0,15
Молоко пастеризованное 1,5 % жирности	**1,97**	2,98	**5,11**	1,79	**5,75**	0,51	1,36	4,26	2,04	0,74
Молоко пастеризованное, 2,5 % жирности	**1,64**	2,49	**4,26**	1,49	**4,79**	0,43	1,14	3,55	1,70	0,62
Молоко стерилизованное, 1,5 % жирности	**1,97**	2,98	**5,11**	1,79	**5,75**	0,51	0,68	3,69	2,04	0,34
Молоко стерилизованное, 2,5 % жирности	**1,64**	2,49	**4,26**	1,49	**4,79**	0,43	0,57	3,08	1,70	0,28
Молоко пастеризованное 3,2 % жирности	**1,47**	2,24	**3,83**	1,34	**4,31**	0,38	1,02	3,19	1,53	0,55
Молоко стерилизованное 3,2 % жирности	**1,47**	2,24	**3,87**	1,34	**4,36**	0,38	0,51	2,77	1,72	0,26
Молоко пастеризованное 3,5 % жирности	**1,43**	2,17	**3,71**	1,30	**4,17**	0,37	0,99	3,09	1,48	0,54
Молоко стерилизованное 3,5 % жирности	**1,40**	2,13	**3,68**	1,28	**4,15**	0,37	0,49	2,64	1,64	0,24

Таблица 3 – Коэффициенты предпочтения по разным нутриентам

Наименование сырья	Коэффициенты предпочтения по нутриенту				Общий коэффициент предпочтения сырья
	жиры	**натрий**	**кальций**	**фосфор**	
Молоко пастеризованное нежирное	0,06	3,61	9,45	10,69	16,47
Молоко топленое нежирное	0,05	2,73	7,35	8,19	12,76
Молоко топленое 1,0% жирности	0,87	2,55	6,85	7,63	11,06
Молоко белковое	0,76	2,37	6,72	7,12	10,71
Молоко пастеризованное 1,5 % жирности	0,95	1,87	4,85	5,46	7,49
Молоко пастеризованное, 2,5 % жирности	1,36	1,62	4,20	4,72	5,94
Молоко стерилизованное, 1,5 % жирности	0,90	1,77	4,60	5,18	7,11
Молоко стерилизованное, 2,5 % жирности	1,26	1,50	3,90	4,39	5,53
Молоко пастеризованное 3,2 % жирности	1,28	1,18	3,08	3,46	4,08
Молоко стерилизованное 3,2 % жирности	1,24	1,15	3,03	3,41	4,05
Молоко пастеризованное 3,5 % жирности	1,40	1,19	3,08	3,46	3,95
Молоко стерилизованное 3,5 % жирности	1,30	1,10	2,88	3,25	3,73

В результате последовательного осуществления следующей цепочки: «определение условий разработки и проектирования новой рецептуры продукта» – «расчёт ИПП по необходимым нутриентам» – «расчёт НЦС» – «определение $КП_н$» – «определение общего $КП_{сырья}$» стало возможным ранжировать рассматриваемое сырьё по степени предпочтения к применению при разработке нового функционального продукта.

С учетом поставленных условий отметим степень предпочтения в порядке убывания (первое – наиболее предпочтительно, последнее – наименее):

«молоко пастер. нежир.» > «молоко топлёное нежир.» > «молоко топлёное 1,0 %» > «молоко белковое» > «молоко пастер. 1,5 %» > «молоко стерил. 1,5 %» > «молоко пастер. 2,5 %» > «молоко стерил. 2,5 %» > «молоко пастер. 3,2 %» > «молоко стерил. 3,2 %» > «молоко пастер. 3,5 %» > «молоко стерил. 3,5 %».

Согласно полученным данным для формирования соответствующих функциональных свойств будущего продукта разработчику следует использовать молоко пастеризованное нежирное. В этом случае продукция будет обладать соответствующей пищевой ценностью, в том числе невысокой калорийностью, и одновременно доступной ценой. Данный пример призван показать возможность подбора каждого рецептурного компонента из всей существующей номенклатуры сырья животного и растительного происхождения, что в конечном итоге расширит возможности получения новой функциональной пищевой продукции для разных социально-демографических групп населения.

Список литературы

1. Одиноченков, В. В. Методы стоимостной оценки инновационной научно - технической продукции / В. В. Одиноченков, И. В. Гаврева // Вестник Брянского государственного университета. – 2012. – № 3. – С. 134–138.

2. Calcium in Human Health / Edited by C. M. Weaver and R. P. Heaney. – Totowa, New Jersey, «Humana Press», 2006. – 454 p.

3. Мизиковский, И. Е. Калькуляции и сметы (бюджеты) себестоимости продукции как инструменты информационного обеспечения стратегии экономии затрат / И. Е. Мизиковский // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. – 2017. – № 3 (47). – С. 22–28.

4. Корищенко, К. Н. О пределах возможности инфляционного таргетирования / К. Н. Корищенко, Н. П. Пильник // Вопросы экономики. – 2017. – №10. – С. 71–87.

5. Optimization of durum wheat bread from a seleniumrich cultivar fortified with bran / M. A. Previtali [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2015. DOI: 10.1007/s13197-015-2053-3.

6. Spirichev, V. B. To the Substantiation of the Joint Use of Vitamin D and the Rest of the 12 Vitamins Necessary for the Creation and Realization of the Vital Functions of its Hormone-Active Form (The Vitamin D + 12 Vitamins Approach) / V. B. Spirichev // J. of Nutritional Therapeutics. – 2013. – Vol. 2. – No. 1. – P. 1–7.

7. Андреев, С. П. Аграрно-пищевые технологии - путь к повышению эффективности производства и конкурентоспособности отечественной пищевой продукции / С. П. Андреев // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. – 2017. – № 3 (17). – С. 14–20.

8. Тутельян, В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник. / В. А. Тутельян. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 284 с.

9. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под. ред. член-корр. МАИ, проф. И.М. Скурихина и академика РАМН, профессора В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

10. Куракин, М. С. Методика разработки рецептур продуктов и блюд с учётом пищевой ценности и стоимости сырья / М. С. Куракин, О. Г. Мотырева // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2016. – № 1 (349). – С. 117–120.

11. Куракин, М. С. Комплексный подход к оценке структуры питания разных социально-демографических групп населения / М. С. Куракин // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – №1. – С. 87–95.

УДК 664:60

ПОДХОД К НЕПРЕРЫВНОМУ КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ В ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

В. Б. Морозов
Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

Требования к качеству и безопасности продукции пищевых, биотехнологических и прочих смежных производств продиктованы значительным риском для жизни и здоровья потребителя [1]. Сам потребитель – «живая система» и потребляемая продукция, в подавляющем большинстве случаев, – «живой» материал или полученный в результате биологических процессов.

Современное биотехнологическое производство – значительная система, включающая в свою структуру производства и компоненты менеджмента, логистическую систему, в том числе складскую, элементы системы сбыта продукции, сырьевую, экономическую и гуманистическую структурную службы (HR, PR и пр.). Такая сложная взаимосвязанная структура в общем и его некоторые компоненты. Весь такой комплекс в целом или его отдельные части являются возможными вариантами опасности для потребителя, в первую и основную очередь – человека, носят экологические, гуманитарные, ресурсные риски для сегодняшнего общества. Качество и безопасность на биотехнологических предприятиях как систему представлено в двух компонентах – производстве и продукте.

Контроль качества в таких условиях представляется обязательной, многоуровневой работой по обеспечению технологии контроля, информационной и функциональной поддержки. Значительное требование – автоматизация процесса.

Автоматизация технологических процедур [2] в инновационной науке и технике [3] включает в себя все производственные операции и циклы, в том числе и контроль качества получаемого продукта. В значительной степени это характерно в отношении крупносерийного производства, распространённое на большинство предприятий пищевой, биотехнологической и прочих смежных производств. При этом традиционное понимание процесса автоматизации как научно обоснованной практики замены ручного труда на функционирование устройств и машин на сегодня требует всестороннего системного дополнения на научном, техническом, технологическом, организационном, структурном, экономическом и т.д. уровнях.

Основой управления качеством и безопасности продукции является его контроль, причём в непрерывном формате [4]. В таком случае необходимые изменения технологических параметров работы оборудования, улучшение производственной стратегии являются программы, в основе которых заложена «история качества», сложившаяся на предприятии. Таким образом, непрерывные контроль качества и безопасности продукции рассматривается в рамках системного подхода [5] - в определении всех имеющихся связей и их значимости.

На основе подхода причинно-следственной диаграммы (рисунок 1) выявлены элементы контроля качества продукции: общий структурно-организационный элемент; планы статистического контроля; методы и схемы контрольных процедур; технические средства и оборудование контроля.

В целом осуществление непрерывного мониторинга уровня качества и безопасности в пищевой биотехнологии рассматривается в рамках системы менеджмента качества. Он базируется на известных компонентах, уделяющих особое внимание и формирующих усилия на потребностях и «капризах» потребителя, здорового экономического лидерства, включенности работников предприятий разных должностных обязанностей, процессного и системного подходов, конкретного функционала на базе фактического информационного и практического материала из технологии, непрерывного улучшения. Такая структура предусматривает в одинаковом значении ответственность всех организационных и

производственных уровней организации [6-8]. С этой целью, к примеру, разрабатываются рекомендации для простого персонала пищевого биотехнологического предприятия с обоснованием необходимости того или иного этапа контроля, его сути, возможных результатов и формируется чёткое понимание одинаковой ответственности за контроль на всех уровнях организации предприятия, включая руководителя и простого контролёра.

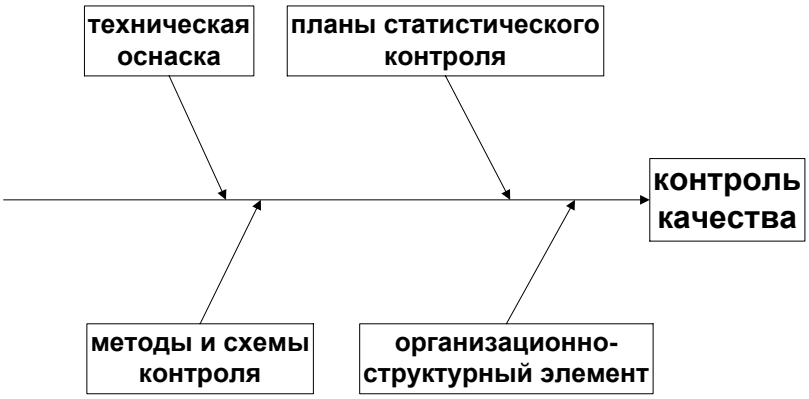


Рисунок 1 – Диаграмма Исикавы для контроля качества

Основой подхода служит нахождение или задание основных статистических показателей процедуры непрерывного контроля (предельные и приемлемые уровни качества, контрольные границы, доверительные вероятности и т.п.)

Современный подход к непрерывному контролю качества и безопасности в пищевой биотехнологии включает в себя ряд компонентов [9, 10].

1. Статистическое управление постконтрольным качеством [11]. Оно как механизм качества отдельной продукции не исправляет, но позволяет формировать качественный выход после процедуры контроля. При осуществлении соответствующих систематических запланированных мероприятий происходит изменение среднего уровня качества (average quality level) и формируется average outgoing quality AOQ – среднее выходное качество Частной характеристикой AOQ является доля объёмов продукции несоответствующего качества (proportion of defective items). Если вместо некачественных объёмом установить в технологии заведомо качественные или просто их изъять, то функция AOQ имеет максимальное значение – предел среднего выходного качества (average outgoing quality limit $AOQL$). В итоге такого статистического воздействия среднее выходное качество не превосходит величину $AOQL$. Представляется возможным основным результатом статистического управления качеством в массовом автоматизированном производстве считать улучшение AOQ и обеспечение гарантии $AOQL$.

В случае нештучной (непрерывной по длине, массе, объёму) [12] продукции возможны варианты управления в зависимости от вида контроля:

– Управление долей дефектных единиц продукции. Под единицами нештучной продукции можно понимать единицы, неявно представленные в совокупности (единицы объема, веса и т.п.). Признаки качества обычно усреднены по величине для единицы (плотность, жирность и т.п.).

– Точное выделение отдельной единицы из статичной совокупности может быть проблематичным в связи с перемешиванием оставшихся единиц и усреднением при этом их признаков.

– Выделение единицы возможно в процессе серийного производства нештучной продукции.

Для реализации такого подхода разработан способ непрерывного контроля качества нештучной продукции [13]. Он заключается в разделении потока изготавливаемой

продукции на одинаковые объёмы с экспресс-анализом параметров качества и безопасности, при распределении сформированных объёмов в дальнейшую технологию если качество соответственного уровня или отвод на отбраковку объёма с несоответствующим уровнем качества.

Для описанного способа среднее выходное качество вычисляем по формуле:

$$AOQ = \frac{D - D_c - D_o}{N - N_c - N_o},$$

где D - объём дефектов в совокупности; D_c - объём обнаруженных в результате контроля и удаленных дефектов; D_o - объём дефектов в накопленном объеме, подлежащем разбраковке или отбраковке; N - объём совокупности; N_C - объём в пробе, который изымается из совокупности; N_O - объём в накопленном объеме, который изымается из общей совокупности после соответствующих операций разбраковки и отбраковки.

Указанная математическая зависимость может быть изменена для частных вариантов управляющих воздействий с различным количеством объёмов несоответствующего уровня качества.

Мониторинг с заменой или исправлением брака.

$$AOQ = \frac{D - D_C - D_O}{N}.$$

Мониторинг без замены или исправления брака.

– Неразрушающий мониторинг.

Разбраковка объёмов, накопленных в системе.

$$AOQ = \frac{D - D_c - D_o}{N - D_c - D_o}.$$

Отбраковка накопленной части объёмов.

$$AOQ = \frac{D - D_c - D_o}{N - D_c - N_o}.$$

– Разрушающий мониторинг.

$$AOQ = \frac{D - D_c - D_o}{N - N_c - N_o}.$$

Рассмотрим непрерывную процедуру контроля по альтернативному признаку потока нештучного продукта, разделяемого на части.

В качестве прототипа использованы планы непрерывного контроля (continuous sampling plan – CSP) штучной продукции в рамках выборочных процедур.

Одностадийная модель плана CSP-1 предложена Доджем [14]. Контроль начинается со сплошной проверки продукции в ходе производственного процесса, которая проводится до того времени, пока контролирующее устройство не отметит последовательно и непрерывно i годных объёмов. После этого начинается выборочный контроль с частотой f, продолжающийся до того, пока не будет зафиксирован дефектный объём. В этом случае автоматически устанавливается стопроцентная сплошная проверка, продолжающаяся до ситуации, пока через контролирующее устройство не пройдёт снова последовательно и непрерывно i годных объёмов. Сплошной мониторинг при организации описанного плана возникает при условии, когда качество продукта значительно и резко становиться несоответствующего уровня.

Для процедур различных подходов к непрерывному контролю качества и безопасности в пищевой биотехнологии могут быть использованы модели CSP-планов. Однако при использовании переменно выборочного контроля и сплошного мониторинга контрольное оборудование будет работать с не постоянной производительностью.

В связи с этим разработаны планы автоматического непрерывного выборочного контроля моделей ACSP. Эти модели позволяют проводить контроль ритмично.

При одностадийном плане ACSP-1 контролируют каждая f^{-1} единица. При этом текущая последовательность i единиц, выпущенных оборудованием, накапливается в специальном хранилище – накопителе. В случае обнаружения количества объёмов несоответствующего уровня качества, накопленный объём отводится из совокупности перемещаемого материала на разбраковку, а технологическое оборудование рассматривается и налаживается.

Исходными данными для выбора плана непрерывного контроля могут являться значения приемлемого AOQ и предельного $AOQL$ среднего выходного качества, а подбор параметров i и f может быть проведен на основе оценки затрат, связанных с контролем.

Представим формулы для определения AOQ при различных планах и вариантах планов.

В качестве примера использования плана модели CSP-1 рассмотрим поток единиц с вероятностью q появления единицы неудовлетворительного качества. Частоту выборочного контроля единиц обозначим f, число контролируемых подряд в потоке для перехода к выборочному контролю годных единиц i. Рассмотрим часть потока длиной $(V+U)$, в которой выборочным контролем обнаружена дефектная единица.

V - среднее число единиц, которые проверяются выборочным способом до того, как обнаруживается дефектная единица,

U - среднее число единиц, которые после обнаружения дефекта должны быть подвергнуты сплошному контролю.

$$V = \frac{1}{f \cdot q},\ U = \frac{1-(1-q)^i}{q(1-q)^i},$$

$$N = V + U = \frac{1}{f \cdot q} + \frac{1-(1-q)^i}{q(1-q)^i},$$

накопление - не используется, $N_0 = 0$, $D_0 = 0$,

$$D = N \cdot q = \frac{1}{f} + \frac{1-(1-q)^i}{(1-q)^i},\ D_c = q(U + f \cdot V) = \frac{1-(1-q)^i}{(1-q)^i} + 1.$$

1) Контроль с заменой дефектных объёмов на годные.

$$\bar{q}_{L1} = q\left(1 - \frac{f}{f + (1-f)(1-q)^i}\right).$$

2.1) Неразрушающий контроль без замены

$$\bar{q}_{L2} = q\left(1 - \frac{f}{f + (1-f)(1-q)^{i-1}}\right).$$

2.2) Разрушающий контроль.

$$\bar{q}_{L4} = q.$$

Рассмотрены варианты управления на примере плана с параметрами $f = 0{,}2$, $i = 5$. Зависимости для среднего выходного качества представлены на рисунке 2.

Представленный расчёт для его различных вариативных состояний определяет предел среднего выходного качества: $q_{L1} = 0{,}122$, $q_{L2} = 0{,}148$. Для контроля с применением разрушающих приёмов с естественной отбраковкой той продукции, которая накоплена в накопителе функция q_{L4} показана прямо пропорциональной функций.

Для оценки плана ACSP-1 оценим непрерывный поток штук продукции с вероятностью q возникновения единицы качества, несоответствующего формата. Частоту выборочного контроля представим величиной f, количество постоянно накапливаемых объёмов - i. Проанализируем часть потока непрерывной длины - $\frac{1}{f \cdot q}$, в которой выборочным контролем зафиксирован объём, несоответствующего качества.

- Мониторинг с заменой дефектных объёмов на годные.

$$N = \frac{1}{f \cdot q},\ N_c = 0,\ N_0 = 0,$$

$$D = \frac{1}{f},\ D_c = 1,\ D_0 = i \cdot q,$$

$$\bar{q}_{L1} = (1 - f - i \cdot f \cdot q)q.$$

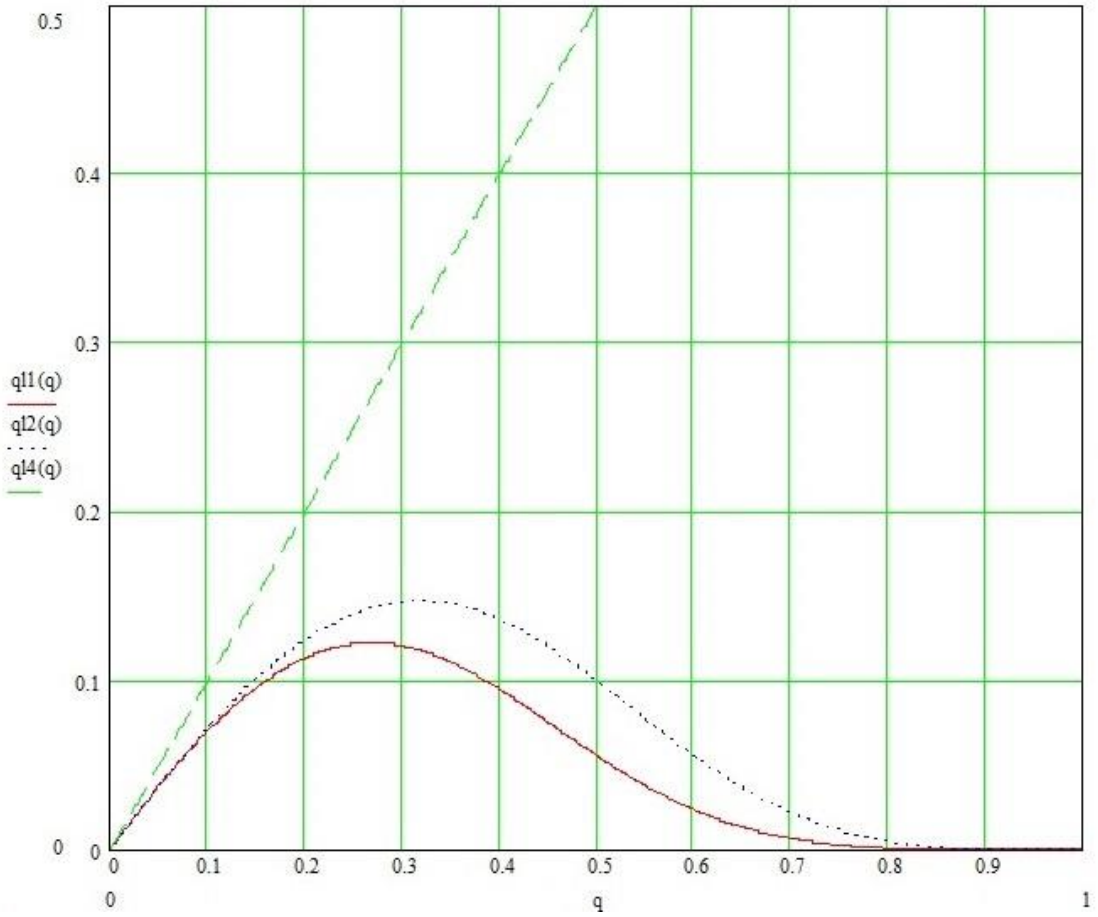


Рисунок 2 – Зависимости для показателя среднего выходного качества продукта по рассматриваемой процедуре CSP-1

– Мониторинг без замены с разбраковкой – неразрушающий.

$$N = \frac{1}{f \cdot q},\ N_c = 1,\ N_0 = i \cdot q,$$

$$D = \frac{1}{f},\ D_c = 1,\ D_0 = i \cdot q,$$

$$\bar{q}_{L2} = \frac{(1 - f - i \cdot f \cdot q)}{1 - f \cdot q - i \cdot f \cdot q^2} q.$$

– Контроль без замены с отбраковкой накопленной части - неразрушающий.

$$N = \frac{1}{f \cdot q},\ N_c = 1,\ N_0 = i,$$

$$D = \frac{1}{f},\ D_c = 1,\ D_0 = i \cdot q,$$

$$\bar{q}_{L3} = \frac{(1 - f - i \cdot f \cdot q)}{1 - f \cdot q - i \cdot f \cdot q} q.$$

– Разрушающий мониторинг с естественной отбраковкой накопленной части.

$$N = \frac{1}{f \cdot q},\ N_c = \frac{1}{q},\ N_0 = i,$$

$$D = \frac{1}{f},\ D_c = 1,\ D_0 = i \cdot q,$$

$$\bar{q}_{L4} = q.$$

В этом случае управление не осуществляется.

Дополнительно проанализированы ситуации управления на основе плана с заданными значениями параметров: $f = 0{,}2$, $i = 5$. Зависимости изображены на рисунке 3.

В рассматриваемом примере, план в варьируемых значениях входных данных гарантирует предел среднего выходного качества: - при контрольных процедурах с заменой объёмов несоответствующего качества на годные, и - при неразрушающем контроле без замены с разбраковкой и отбраковкой накопленной части, соответственно. Для контроля, использующего разрушающие технологии, с естественной отбраковкой накопленного объёма зависимость является прямо пропорциональной.

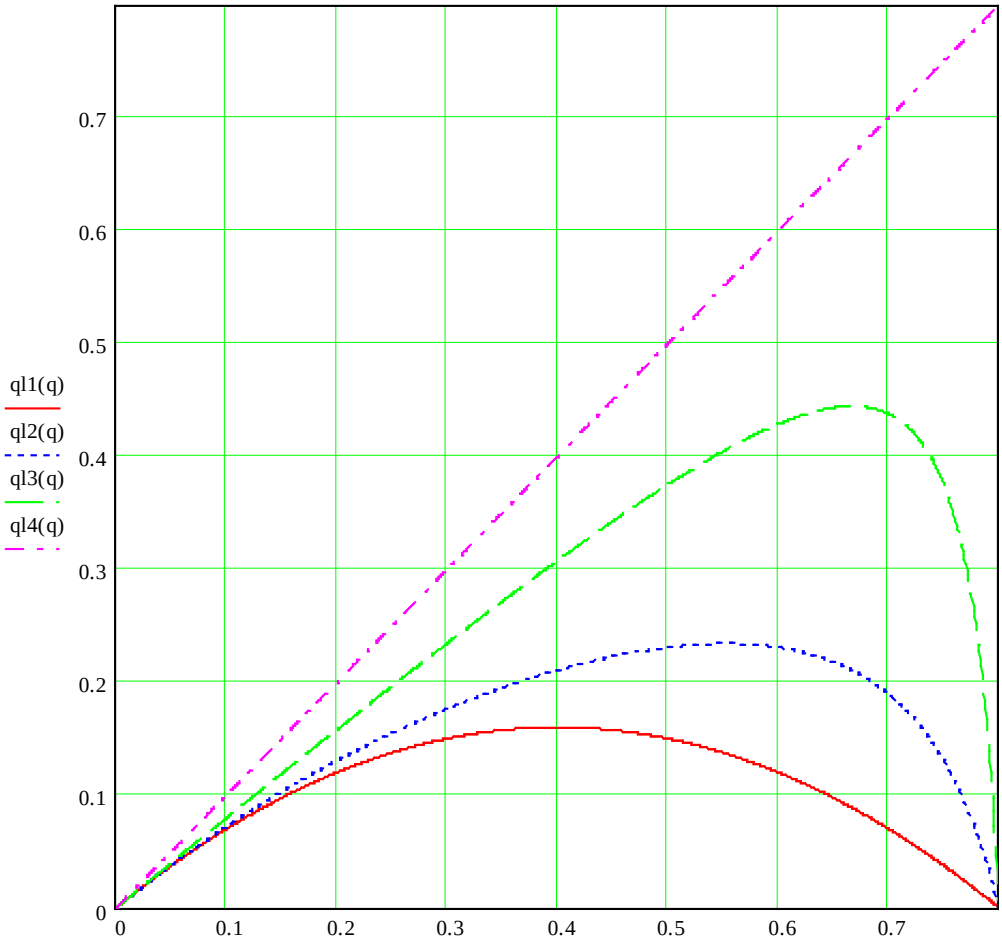


Рисунок 3 – Зависимости для показателя среднего выходного качества продукта по рассматриваемой процедуре ACSP-1

Описанные варианты подходов к непрерывному контролю качества и безопасности продукции пищевой биотехнологии показывает применимость и эффективность таких процедур.

2) Реализация контрольных процедур подхода обеспечивается высокотехнологическим автоматизированным оборудованием [15]. Технические средства и оборудование контроля качества включают в себя устройства получения репрезентативных проб [16] и оборудование для проведения анализа. В целом оборудование представляет систему пробоотбора и анализа проб нештучной продукции. Основными из них являются:

– шнековый питатель, реализующий стабильность подачи сыпучего продукта в системе [17];

– устройство для отбора проб жидких сред из трубопровода [18], обеспечивающее репрезентативную процедуру контроля [19];

– устройство для отбора проб сыпучих материалов для репрезентативной работы с твёрдыми (измельчёнными или мелкими по размеру) продуктами [20];

– пробоотборник жидкости из трубопровода обеспечивающее репрезентативную процедуру [21];

– устройство сокращения сыпучих проб, для формирования лабораторной порции материала из значительного исходного объёма [22];

– устройство отбора проб из открытого потока жидкости, для специализированных условий пищевой биотехнологии [23];

– устройство для дозирования жидкости, обеспечивающее качественную подачу материала в системе [24].

Описанный подход, включающий в себя теоретический аспект, расчётные динамические показатели, обеспеченный высокотехнологической поддержкой позволяет выбрать реализацию процедур непрерывного статистического контроля качества и безопасности продукции пищевой биотехнологии в автоматизированном режиме с современными подходами и обширной информационной поддержкой.

Список литературы

1. Морозов, В. Б. Комплексная безопасность как элемент качества в пищевых и перерабатывающих производствах / В. Б. Морозов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2010. – № 3. – С. 258–263.

2. Автоматизация статистического контроля качества пищевой продукции в массовых производствах / А. С. Горелов, С. А. Лисицын, В. Б. Морозов, В. В. Прейс, Е. А. Саввина. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – 140 с.

3. Russian-made steel-casting systems and refractory production facilities at the NPP “Vulkan-TM” / V. I. Zolotukhin, A. G. Golovko, E. I. Gordeev, D. A. Provotorov, N. A. Gordeeva // Refractories and Industrial Ceramics. – 2016. – Vol. 56. – No. 5. – P. 456–460.

4. Gorelov, A. S. Design principles for integrated automated statistical quality-control systems in manufacturing / A. S. Gorelov, V. V. Preis, V. B. Morozov // Russian Engineering Research. – 2008. – Vol. 28. – No. 3. – P. 251–254.

5. Горелов, А. С. Структурирование в технологической системе отбора и подготовки проб продукции и сырья пищевой и перерабатывающей промышленности / А. С. Горелов, В. Б. Морозов, П. В. Сапронов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2012. – № 2. – С. 345–355.

6. Горелов, А. С. Статистическое исследование точности работы дозаторов роторной машины для розлива водок / А. С. Горелов, С. А. Лисицын, В. Б. Морозов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – № 7-1. – С. 133–138.

7. On friction of metallic materials with consideration for Superplasticity phenomenon / A. D. Breki [et al.] // Inorganic Materials: Applied Research. – 2017. – Vol. 8. – No. 1. – P. 126–129.

8. Pas'ko, N. I. Daptive optimization of the planned tool life with scheduled and preventive tool replacement / N. I. Pas'ko, P. P. Shilov // Russian Engineering Research. – 2013. – Vol. 33. – No. 4. – P. 222–224.

9. Горелов, А. С. Структурирование в технологической системе отбора и подготовки проб продукции и сырья пищевой и перерабатывающей промышленности / А. С. Горелов, В. Б. Морозов, П. В. Сапронов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2012. – № 2. – С. 345–355.

10. Горелов, А. С. Принципы построения интегрированной системы автоматизированного статистического контроля качества машиностроительной продукции / А. С. Горелов, В. В. Прейс, В. Б. Сосков // СТИН. – 2007. – № 12. – С. 2–5.

11. Gorelov, A. S. Automated statistical monitoring of manufacturing products / A. S. Gorelov, V. V. Preis, E. A. Savvina // Russian Engineering Research. 2007. Т. 27. – № 11. – С. 791-795.

12. Горелов, А. С. Теоретические основы синтеза структур автоматизированных систем отбора и подготовки проб нештучной продукции / А. С. Горелов, В. В. Прейс, В. Б. Сосков // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2008. – № 1. – С. 234–249.

13. Пат. 54430 РФ. Устройство управления качеством нештучного продукта / В. Б. Сосков, А. С. Горелов, В. В. Прейс; заяв. и патентообл. ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». – № 2005139883; заявл. 20.12.05; опублик. 27.06.06, Бюл. № 18. – 2 с.: ил.

14. Морозов, В. Б. Элементы управления качеством продукции: репрезентативность проб / В. Б. Морозов // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции «Современные материалы, техника и технология»; отв. ред. Горохов А.А. – Курск: ЗАО «Универсальная книга», 2013. – С. 348–350.

15. Сосков, В. Б. Представительность процесса пробоотбора нештучной продукции // Автоматизация и современные технологии. – 2005. – № 7. – С. 36–37.

16. Морозов, В. Б. Методологическое и техническое обеспечение процесса получения репрезентативных проб / В. Б. Морозов, Т. Г. Морозова // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2015. – № 7-2. – С. 14–21.

17. Пат. 111528 РФ. Шнековый питатель / В. Б. Морозов [и др.]; заяв. и патентообл. ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». – № 2011125682; заявл. 22.06.2011; опублик. 20.12.2011, Бюл. № 35. – 2 с.: ил.

18. Пат. 2224990 РФ. Устройство для отбора проб жидких сред из трубопровода / П. В. Пересторонин [и др.]; заяв. и патентообл. ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». – № 2002113842; заявл. 27.05.02; опубл. 27.02.04, Бюл. № 6. – 7 с.: ил.

19. Сосков, В. Б. Принцип совмещения операций в новом устройстве отбора проб жидкостей / В. Б. Сосков // Вестник машиностроения. – 2004. – № 8. – С. 84–85.

20. Пат. 2263890 РФ. Устройство для отбора проб сыпучих материалов / В. Б. Сосков, А. С. Горелов, В. В. Прейс; заяв. и патентообл. ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». – № 2004114051; заявл. 06.05.04; опубл. 10.11.05, Бюл. № 31. – 4 с.: ил.

21. Пат. 55132 РФ. Пробоотборник жидкости из трубопровода / А. С. Горелов, В. В. Прейс, В. Б. Сосков; заяв. и патентообл. ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». – № 2006106949; заявл. 06.03.06; опублик. 27.07.06 Бюл. № 21. – 1 с.: ил.

22. Пат. 55135 РФ. Устройство сокращения сыпучих проб / А. С. Горелов, В. В. Прейс, В. Б. Сосков; заяв. и патентообл. ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». – № 2006106952; заявл. 06.03.06; опублик. 27.07.06 Бюл. № 21. – 1 с.: ил.

23. Пат. 56616 РФ. Устройство отбора проб из открытого потока жидкости / В. Б. Сосков, А. С. Горелов, В. В. Прейс; заяв. и патентообл. ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». – № 2006112977; заявл. 19.04.06; опублик. 10.09.06, Бюл. № 25. – 1 с.: ил.

24. Пат. 97989 РФ. Устройство для дозирования жидкости. / В. В. Прейс, В. Б. Морозов, С. А. Лисицын; заяв. и патентообл. ГОУ ВПО «Тульский государственный университет». – № 2010119933; заявл. 19.05.2010; опублик. 27.09.2010, Бюл. № 27. – 2 с.

УДК 002:637.3

АНАЛИЗ ПАТЕНТНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ (НЕ)ЗАВИСИМОСТИ ПИЩЕВОЙ ИНДУСТРИИ НА ПРИМЕРЕ СЫРОДЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

О. Н. Мусина*, K. Hossain**
*Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия
**Northern Institute for Environmental and Minority Law, Arctic Centre, University of Lapland, г. Рованиеми, Финляндия

Рост числа инноваций в реальном секторе экономике – залог устойчивого развития государства в целом. В Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. государством определена необходимость «увеличения доли предприятий промышленного производства, осуществляющих технологические инновации, в общем количестве предприятий промышленного производства». Известно [1], что инновации на предприятиях пищевой отрасли внедряются активно. Пищевая промышленность является крупнейшей отраслью экономики России, ее технологическая независимость стратегически важна для сохранения независимости страны в целом. В настоящей статье анализ и оценка технологической независимости проведены на примере сыродельной отрасли. В качестве инструмента для такой оценки использован анализ патентной литературы. Статистический анализ, основанный на патентной информации, во всем мире используется исследователями и главами корпораций в различных отраслях экономики, поскольку патенты служат качественным индикатором феноменов, которые сложно заметить, измерить и оценить другим путем [2, 3]. Такими феноменами могут быть собственно инновации, их побочные эффекты, трансфер знаний, различные коллаборации, колебания технологического уровня в какой-либо области и др. Патентная литература рассматривается в мировом сообществе как наиболее полный, доступный, удобный в использовании и актуальный (регулярно обновляемый) источник информации во всех областях техники и технологии [3, 4, 5]. С определенными оговорками, нашло [6] научное подтверждение известное утверждение о том, что в патентах содержится более 80 % всей технической информации в мире. Таким образом, анализ патентной литературы намного более информативен по сравнению с традиционным литературным обзором.

В работе [7] на основании данных годовых отчетов Роспатента рассчитан для периода 2000-2015 гг. российский коэффициент зависимости (соотношение числа иностранных и отечественных патентных заявок на изобретения) в целом для всех изобретений, без разделения их по рубрикам международной патентной классификации. Рост коэффициента зависимости начался в 2004 г. Наиболее значительный прирост произошел в 2014 г. – на фоне увеличения количества заявок, поданных иностранными заявителями, произошло снижение количества заявок, поданных отечественными заявителями. В целом в 2015 г. по сравнению с 2000 г. *количество заявок от иностранных заявителей увеличилось примерно в три раза*. По выданным патентам на изобретения доля отечественных заявителей в общем ежегодном объеме выдаваемых патентов снизилась с 82 % в 2000 г. до 65 % в 2015 г., а количество выдаваемых в год патентов иностранным заявителям растет существенно динамичнее (с 2000 г. по 2015 г. увеличилось примерно в 3,9 раза), чем число патентов, выданное отечественным заявителям (за этот же период выросло в 1,6 раза). Таким образом, в настоящее время мы сталкиваемся с изменениями в экономике, угрожающими нашей безопасности, в том числе и продовольственной. Рецептуры различных продуктов питания и напитков (составы), способы производства продуктов, устройства для их получения (оборудование) – все это может быть запатентовано. Агрессивное патентование разработок в пищевой отрасли иностранными резидентами – прямая и явная угроза продовольственной безопасности страны. Со временем мы можем столкнуться с ситуацией, когда подавляющая

доля продуктов в наших супермаркетах окажется изготовленной по технологиям и на оборудовании, принадлежащим зарубежным фирмам. Сейчас даже жители сельской местности значительную часть продуктов питания покупают в магазинах. Например, в Арктических регионах, таких как Швеция, Финляндия, Норвегия, часть России, часть Канады, где традиционно высока доля продуктов, полученных самостоятельно (охота, рыбалка, частное выращивание животных и растений, сбор диких ягод, грибов и т.п.), в настоящее время преобладает доля продуктов питания, купленных в магазинах [8]. Сопоставление доли национальных (отечественных) и иностранных заявителей для конкретной области техники за определенный период времени позволяет выявить опасные тенденции в экономике. Области низкой патентной активности национальных заявителей означают, что коэффициент технологической зависимости увеличивается для этого региона. Также это негативный сигнал для национальной продовольственной безопасности и знак низкой конкурентоспособности отечественных пищевых технологий на мировом рынке. Области с преобладанием доли нерезидентов среди патентовладельцев – сильная угроза продовольственной безопасности этого региона.

При этом стоит отметить, что за рубежом практика защиты всех патентоспособных технических решений в пищевой промышленности давно освоена [9]. Исчерпывающий обзор факторов, влияющих на активность оформления промышленными предприятиями США патентов и товарных знаков в пищевой отрасли в целом и в индустрии напитков, дан в работе американских авторов [10]. За рубежом создано специализированное программное обеспечение для автоматизации патентного поиска и анализа *PSALM* (Patent Search and Analysis for Landscaping and Management), являющееся инструментом для сбора патентной информации из открытых баз данных, систематизации патентной библиографической информации и анализа текста - *text mining* [11]. Для проведения патентного поиска можно использовать как общедоступные ресурсы (сайты национальных патентных ведомств и международных патентных организаций), так и обратиться к коммерческим провайдерам патентной информации, таким как *Questel-Orbit, Delphion, Derwent, STN International, Micropatent, MineSoft (PatBase)* и др.

Довольно низкая активность российских заявителей в пищевой промышленности, на наш взгляд связана, главным образом, с дефицитом кадров – недостатком или отсутствием патентных работников на промышленных предприятиях. В результате, по мнению специалистов [9], на данный момент закрыть любое пищевое предприятие за нарушения прав в области промышленной собственности – дело техники. Конкурентная борьба за рынки сбыта на интеллектуальном поле уже началась и с каждым днем обостряется. Это видно и по росту числа результатов судебных разбирательств, публикуемых на сайтах Палаты по патентным спорам и арбитражных судов.

В данной статье в качестве объекта *case-study* выбрана сыродельная отрасль. Поиск патентных документов был проведен на глубину 24-х лет (с 1993 г. 2017 г.) по рубрикам Международной патентной классификации (МПК), описывающим изобретения в области сыроделия: A23C 19/* «Сыр; продукты из сыра; производство сыра и продуктов из него». Методические особенности анализа полученных данных описаны в работе [12]. Для проведения анализа поиск был проведен по 20 странам (табл. 1). В регламент поиска обязательно включают развитые зарубежные страны и страны-лидеры в области сыроделия. Сыры производства Украины и Беларуси широко известны на российском рынке, поэтому в регламент поиска включили и их. Россия включена из академического интереса.

Поиск патентной информации проводился в базах данных Европейского патентного ведомства (worldwide.espacenet.com), по белорусским патентам – в базах Национального центра интеллектуальной собственности (www.belgospatent.org.by). Российские патентные документы отыскивали с помощью российского сервера на платформе *esp@cenet* Европейского патентного ведомства.

Таблица 1 – Страны, вошедшие в регламент патентного поиска

Австралия	Германия	Китай	Россия	Франция
Австрия	Дания	Нидерланды	США	Швеция
Беларусь	Испания	Новая Зеландия	Украина	Швейцария
Великобритания	Италия	Норвегия	Финляндия	Япония

Был получен информационный массив для анализа. Сначала определили, какие страны, из перечисленных в табл. 1, проявляют наибольшую патентную активность в области сыроделия. Для этого общее количество найденных патентных документов (по всем странам табл. 1, за 24 года) было принято за 100 % и высчитана доля каждой страны в этой сумме. Результаты представлены на рис. 1.

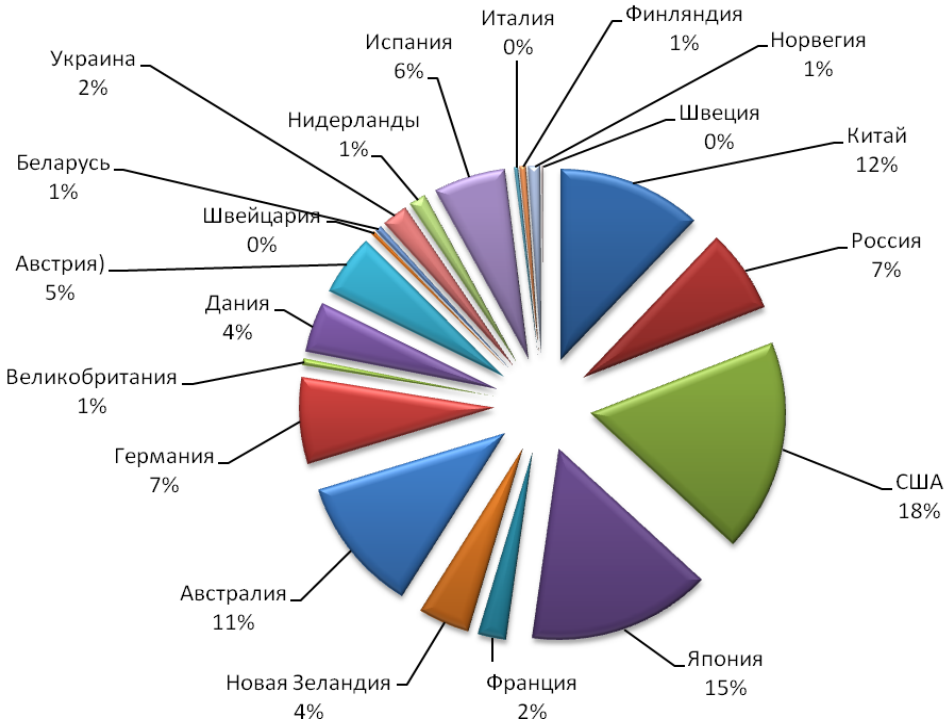


Рисунок 1 – Вклад по странам за 24 года

Резонно было бы предположить, что наибольший вклад внесут страны с многовековыми культурными традициями в области производства и потребления сыров, такие как Франция, Швейцария, Италия, Дания, Нидерланды, Великобритания. Однако фактическое положение дел оказалось отнюдь не таким – все эти страны внесли небольшой вклад. Скромные результаты показали и Беларусь с Украиной. Наибольший вклад в изобретательскую активность за последние 24 года в области сыроделии дали США (18 %), Япония (15 %), Китай (12 %), Австралия (11 %), вклад России и Германия составляет примерно по 7 %. Возможный вариант объяснения такой ситуации представлен в работе [13, 14]: традиционные французские, итальянские, швейцарские сыры пользуются заслуженной славой и спросом, эти технологии уже отработаны, что не требует проявления патентной активности, достаточно использовать географические указания или наименования места происхождения товара. Кроме того, технологии и рецептуры можно сохранять в режиме «ноу-хау», т.е. без получения патента.

На рисунке 2 изображено усредненное за 24 года ежегодное количество опубликованных патентных документов в области сыроделия по странам. И снова лидируют США, Япония, Китай и Австралия. Стоит отметить, что сами по себе эти цифры не говорят о высокой или низкой активности национальных заявителей. Определенную долю в

полученных документах могут составлять патенты иностранных заявителей, если страна рассматривается как перспективный рынок для зарубежных разработчиков.

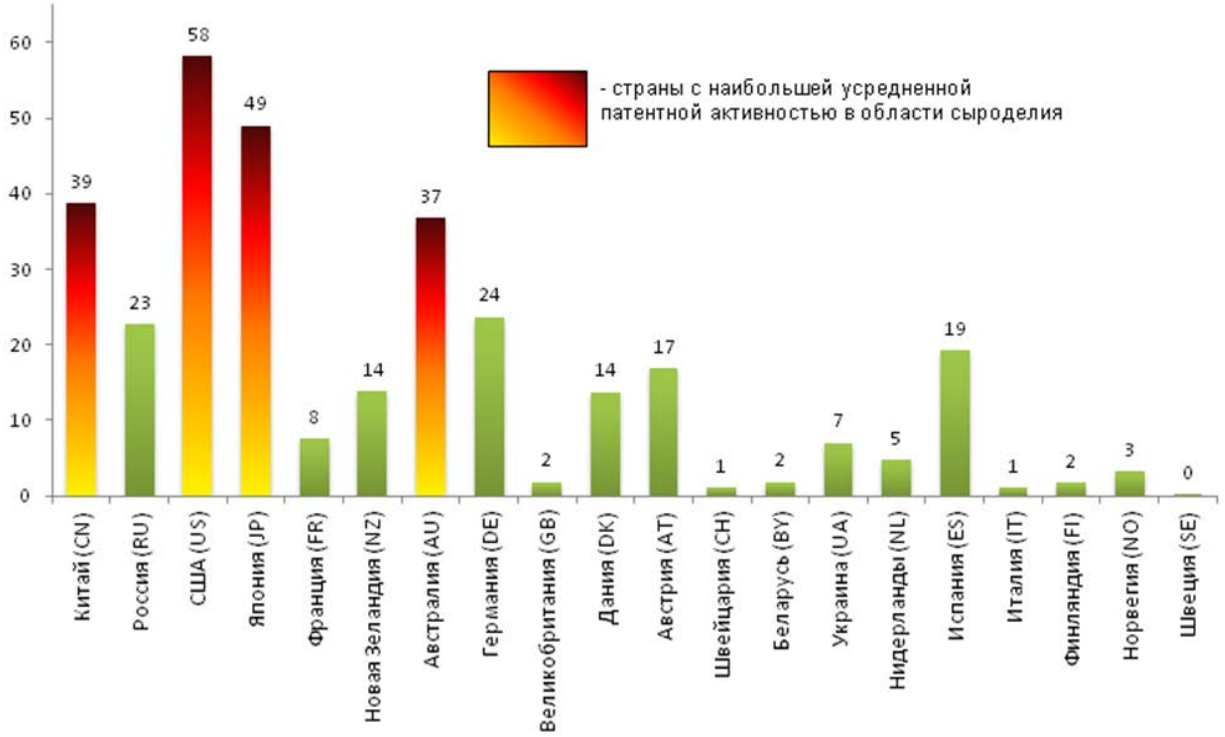


Рисунок 2 – Среднегодовое количество патентов за период 1993-2017 гг.

Представляет интерес статистика не только по среднегодовому распределению количества патентов, но и по максимальному и минимальному количеству патентных документов, появляющихся за анализируемый период в стране [14]. Здесь (табл. 2) ситуация несколько иная, по сравнению с данными рис. 2. Так, максимальные пики активности приходятся (в порядке убывания) на Китай, США, Австралию, Японию, **Россию**, Германию. Более ценная информация – минимальная планка количества патентных документов за год, ниже которой страна не опускалась. Тут первые места уверенно держат США, Япония, Австралия и **Россия**. Таким образом, за период 24 года менее девяти патентных документов в год в области сыроделия мы не получали, чего нельзя сказать о том же Китае и Германии.

Обнадеживающими являются статистические данные, представленные на рис. 3. Согласно этим данным, у России есть шанс занять лидирующее положение в области инновационных разработок в сыроделии, или, по-крайней мере, войти в пятерку лидеров. Это утверждение обусловлено тем, что за почти четверть века суммарное количество патентов, зарегистрированных в РФ, примерно такое же как в Германии, гораздо большее, чем в Беларуси или Украине, Дании, Новой Зеландии, Австрии или Испании. Впереди только США, Япония, Китай и Австралия. При этом следует обратить внимание, что количество населения в РФ практически в два раза меньше, чем в США и в десять раз меньше, чем в Китае. Соответственно меньше у нас и потенциальных заявителей.

Однако следует учесть, что патентовладельцем российского патента не обязательно должно быть российское юридическое или физическое лицо. На тех же основаниях это может быть и иностранный заявитель и патентообладатель. Как правило, правовую охрану изобретений за рубежом осуществляют с целью защиты экспорта, заключения лицензионных соглашений и сдерживания конкурентов для сохранения своих позиций на рынке [13, 14]. Так что этот вопрос требует отдельного исследования.

Таблица 2 – Годовые экстремумы количества патентов за период 1993-2017 гг.

Страна	Максимум в год	Минимум в год
Китай	**127**	4
Россия	**61**	**9**
США	**107**	**32**
Япония	**65**	**33**
Франция	15	1
Новая Зеландия	29	4
Австралия	**93**	**9**
Германия	**58**	2
Великобритания	6	0
Дания	26	7
Австрия	40	0
Швейцария	3	0
Беларусь	5	0
Украина	31	0
Нидерланды	10	0
Испания	33	9
Италия	8	0
Финляндия	7	0
Норвегия	11	0
Швеция	2	0

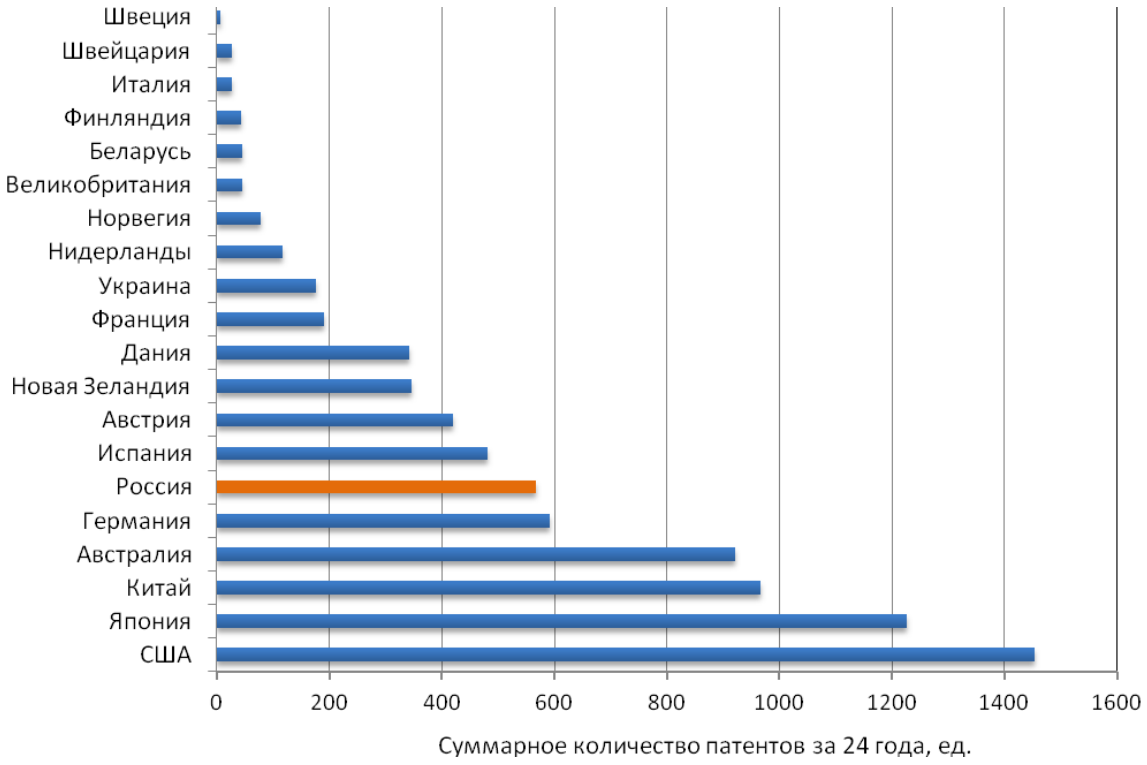


Рисунок 3 – Суммарное количество патентов в области сыроделия по странам

При этом угрозу технологической независимости в сыродельной отрасли представляет только активность заявителей в Китае. В основных странах-лидерах (США,

Япония) патентная активность за изученный период остается приблизительно на одном и том же уровне, порядка 50-60 патентных документов в год. В Австралии и Германии число патентных документов на протяжении 24 лет имеет тенденцию к падению. А вот Китай в последние годы демонстрирует экспоненциальный рост (рис. 4). Впрочем, этот результат довольно предсказуем, т.к. на сегодняшний момент в тройку лидеров по производству молока в мире входит США, Индия и Китай. В 1999 году в Китае был дан официальный старт всенародной кампании по популяризации потребления молока. Теперь правительство КНР всячески поддерживает внутренний молочный рынок, субсидируя рост производства молочного сырья. Китай стал не только производить и потреблять колоссальное количество молока, но и проявлять существенную активность в патентовании своих разработок в этой отрасли.

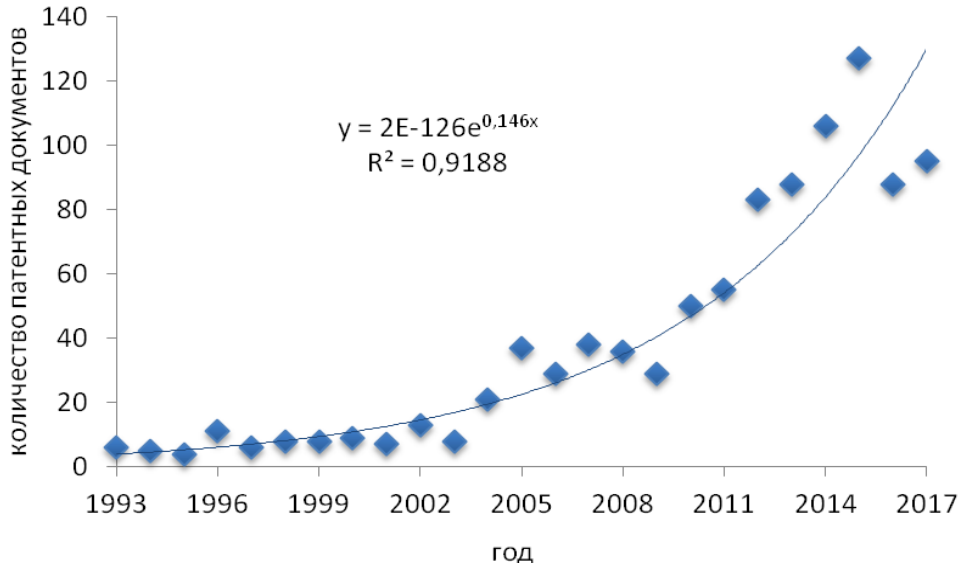


Рисунок 4 – Рост патентной активности в области сыроделия в Китае

Для большей наглядности посмотрим, как менялась динамика патентования в Китае сравнительно с Россией (рис. 5). С 1993 по 2002 г. ситуация была достаточно стабильной, в Китае ежегодно появлялось несколько единиц патентных документов в области сыроделия. Показательна ситуация в 2003 г – насколько большой разброс между Китаем и Россией (первая пунктирная линия на рис. 5). Вероятно, в этой точке перегиба на рис. 5 нашел отражение старт кампании 1999 года – процедура получения патента занимает как раз несколько лет, например, в России – не менее года [13, 14]. В 2006 г показатели обеих стран сравнялись (вторая пунктирная линия) и с тех пор уже для Китая в мире нет конкурентов по изобретательской активности в области сыроделия.

Наличие стабильно небольшого количества охранных документов, выданных иностранным заявителям, свидетельствует о наличии в стране благоприятной патентной ситуации для собственных разработок в сыродельной отрасли. Сопоставительный анализ активности патентования помогает определить, какие страны (страны-заявители) наиболее активны в защите своих разработок на территории Китая [13, 14]. Анализ полученного массива данных позволил выделить таких иностранных заявителей. Если судить только по национальной принадлежности заявителей, то пальма первенства по патентованию в Китае принадлежит фирмам из США и Японии, с небольшим отставанием идут Нидерланды и Дания. Приблизительно одинаковым количеством патентных документов обладают заявители из Швейцарии, Новой Зеландии, Франции и Германии. По каждой из этих стран фирма, наименование которой в патентных документах Китая встречается максимальное число раз, указана в табл. 3. Чаще всего заявителями являются следующие фирмы (в порядке убывания): «Kraft Foods Inc.» (США, *www.kraftfoodsgroup.com*), «DSM IP Assets B.V.»

(Нидерланды), «Meiji Dairies Corporation» (Япония, *www.meiji.co.jp*), «Nestle S.A.» (Швейцария, *www.nestle.com*), «Danisco» (Дания, *www.danisco.com*) и «Fonterra» (Новая Зеландия, *www.fonterra.com*). Также выявлен интересный феномен – заявители из Нидерландов, Дании, Швейцарии, Франции и Новой Зеландии чаще предпочитают получать патенты в Китае, чем у себя на родине.

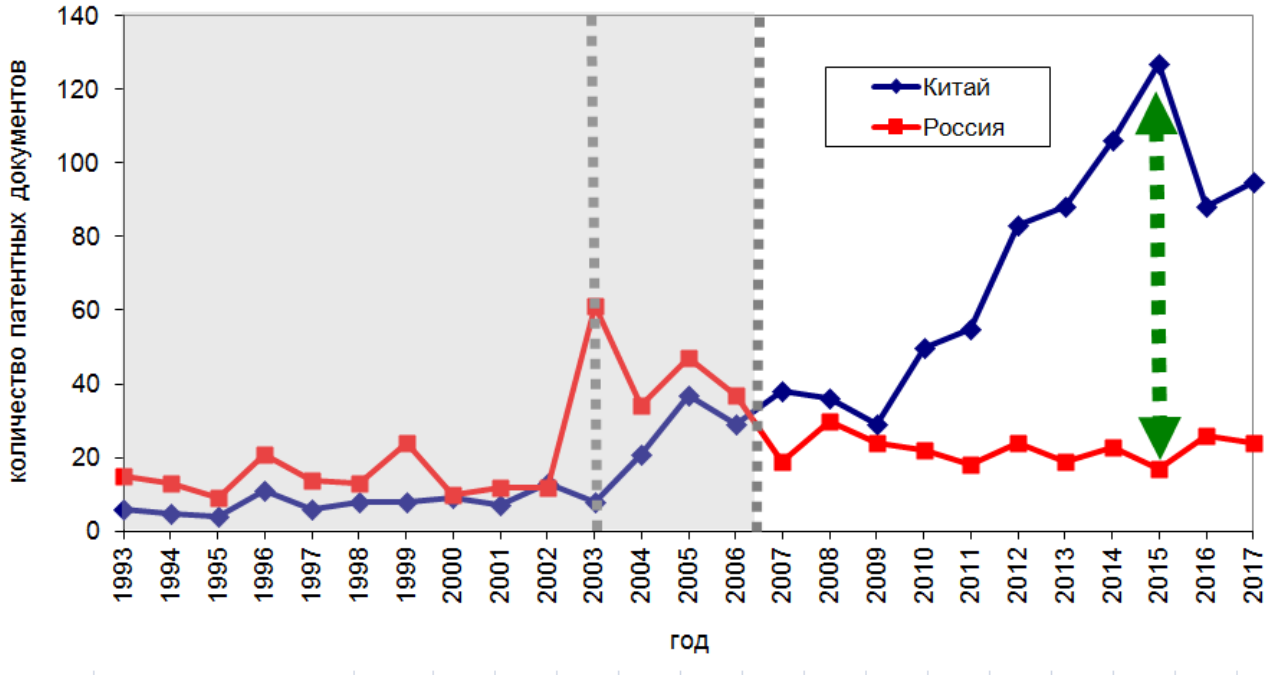


Рисунок 5 – Сравнение динамики патентования России и Китая за 24 года

Таблица 3 – Иностранные заявители, наиболее часто регистрирующие в Китае разработки в области сыроделия

Национальная принадлежность	Фирма-заявитель
Германия	KRAFT FOODS R & D INC
Германия	CELANESE EMULSIONS GMBH
Дания	DANISCO
Дания	HANSENS LAB
Дания	NOVOZYMES AS
Нидерланды	DSM IP ASSETS BV
Новая Зеландия	FONTERRA CO OPERATIVE GROUP
Новая Зеландия	NEW ZEALAND DAIRY [NZ] BOARD
США	GEN FOODS INC
США	KRAFT FOODS INC и KRAFT FOODS HOLDINGS INC
Франция	BEL FROMAGERIES
Франция	BONGRAIN SA
Швейцария	NESTLE SA
Япония	MEIJI DAIRIES CORP и MEIJI CO LTD
Япония	MORINAGA MILK INDUSTRY CO LTD
Япония	AJINOMOTO KK
Япония	SNOW BRAND MILK PROD CO LTD

Однако, справедливости ради, стоит уточнить, что около половины заявителей в патентных документах Китая – национальные (китайские). Из них можно выделить две основные группы. Первая – это китайские корпорации, лидеры по производству и переработке молока, а вторая – образовательные учреждения. Причем университетам и институтам принадлежит почти половина патентных документов среди заявителей из Китая.

Кратко остановимся на заявителях из первой группы. Больше всего патентных документов принадлежит «Bright Dairy & Food Co., Ltd» («Bright Dairy», *www.brightdairy.com*). Эта компания является одним из крупнейших китайских производителей молочной продукции (молоко, йогурты, пастеризованное молоко, сыры, сухое молоко). «Bright Dairy» имеет самые большие пастбища в Восточной Азии и годовой объем производства в 500 тыс.т. «Bright Dairy» выпускает молочную продукцию в городах Сиань, Пекин, Ухань, Уси и Нанкин [13, 14]. Другая значительная группа заявителей – китайская компания «Mengniu Dairy Co., Ltd» и ее дочерние компании, которые также являются одним из ведущих производителей молочных продуктов в Китае, с «Mengniu» в качестве основного бренда. Они производят широкий спектр продуктов, включая пастеризованное молоко, молочные напитки, йогурты, мороженое, сухое молоко и сыры [14]. По данным китайского промышленного центра выдачи информации при Национальном бюро статистики Китая, продукции «Mengniu Dairy» занимает первое место по объемам продаж. В большом количестве патентов заявителем является «Inner Mongolia Yili Industrial Group Co., Ltd» (*www.yiligroup.com.cn*). Продукция «Yili Group» включает питьевое молоко, сухое молоко, йогурты, сыры, а также замороженные продукты. Эта китайская фирма имеет перерабатывающие предприятия во Внутренней Монголии, Пекине, Тяньцзине, Шанхае, провинции Хэйлунцзян, Хэбэй, Шаньси, Гуандун и Синьцзян [14].

Из университетов Китая выделяются по количеству патентных документов следующие заявители (в порядке убывания):

– Tianjin University of Science & Technology (*www.tust.edu.cn*) учреждён в 1958 г.
– University of Shanghai for Science and Technology (*www.usst.edu.cn*) основан в 1906 г.
– Jiangnan University (*www.jiangnan.edu.cn*) основан в 1958 г., специализируется в области пищевых технологий и инженерии.
– China Agricultural University (*www.cau.edu.cn*), основан в 1905 г., один из высокорейтинговых вузов Китая.
– Northeast Agricultural University (*www.neau.edu.cn*), основан в 1948 г.
– Gansu Agricultural University (*www.gsau.edu.cn*), основан в 1946 г.
– Shandong Institute of Light Industry (*http://english.spu.edu.cn*), основан в 1948 г.
– Yunnan Agricultural University (*www.ynau.edu.cn*), основан в 1938 г.

Выводы

1. Наибольшую изобретательскую активность в области сыроделия за последнюю четверть века проявляют США, Китай и Япония. Рекомендуется при изучении уровня техники в сыроделии и исследовании возможных рынков сбыта в регламент поиска обязательно включать эти страны. Россия на данный момент демонстрирует показатели ниже среднего. Потенциал отечественных разработчиков используется недостаточно.

2. Основной угрозой технологической независимости в сфере сыроделия является Китай. В настоящее время Китай не только производит и потребляет огромное количество молочной продукции, но и активно разрабатывает инноваций в этой области. Существенная часть заявителей в китайских патентных документах – это молокоперерабатывающие гиганты, чья активность свидетельствует о намерении внедрять запатентованные инновации в производство. При этом некоторые западные заявители чаще патентуют инновации не у себя в стране, а в Китае, т.е. Китай рассматривается и как перспективный рынок сбыта продукции сыродельной отрасли.

Благодарности **(**acknowledgement**)**

Работа выполнена в рамках проекта «Food (in)Security in the Arctic: Contribution of Traditional and Local Food to promote Food Security with Particular Reference to the European High North» (*https://goo.gl/YFS12Y*). Финансовую поддержку проекта осуществляет «Nordregio» (исследовательский центр регионального развития и планирования, основанный Советом Министров стран Скандинавии).

Список литературы

1. Калинина, И. В. Инновационное развитие предприятий пищевой отрасли: проблемы и перспективы / И. В. Калинина, Р. И. Фаткуллин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – № 3. –С. 17–22. DOI: 10.14529/food150303.

2. Grant, E. Patent landscape analysis: A methodology in need of harmonized standards of disclosure / E. Grant, M. Van den Hof, E. R. Gold // World Patent Information. – 2014. – Vol. 39. – P. 3–10. DOI: 10.1016/j.wpi.2014.09.005.

3. Claim-based patent indicators: A novel approach to analyze patent content and monitor technological advances / D. H. Milanez, L. I. Lopes de Faria, R. M. do Amaral, J. A. R. Gregolin // World Patent Information. – 2017. – Vol. 50. – P. 64–72. DOI: 10.1016/j.wpi.2017.08.008.

4. Abbas, A. A literature review on the state-of-the-art in patent analysis / A. Abbas, L. Zhang, S. U. Khan // World Patent Information. – 2014. – Vol. 37. – P. 3–13. DOI: 10.1016/j.wpi.2013.12.006.

5. Madani, F. The evolution of patent mining: Applying bibliometrics analysis and keyword network analysis / F. Madani, C. Weber // World Patent Information. – 2016. – Vol. 46. – P. 32–48. DOI: 10.1016/j.wpi.2016.05.008.

6. Asche, G. «80% of technical information found only in patents» – Is there proof of this? / G. Asche // World Patent Information. – 2017. – Vol. 48. – P. 16–28. DOI: 10.1016/j.wpi.2016.11.004.

7. Волкова, Т. И. Изобретательская активность исследователей: межстрановые рейтинговые оценки / Т. И. Волкова, И. А. Усольцев // Экономика региона. – 2017. – Т. 13. – Вып. 1. – С. 290–307. DOI: 10.17059/2017-1-26.

8. Lougheed, T. The Changing Landscape of Arctic Traditional Food / T. Lougheed // Environmental Health Perspectives. – 2010 – Vol. 118. – P. A386-A393. DOI: 10.1289/ehp.118-a386.

9. Клейман, А. М. Защита интеллектуальной собственности в мясной промышленности / А. М. Клейман // Все о мясе. – 2008. – № 4. – С. 55–58.

10. Grashuis, J. An empirical investigation of patent and trademark ownership propensity and intensity in the US food and drink industry / J. Grashuis, S. K. Dary // International Food and Agribusiness Management Review. – 2017. – Vol. 20. – № 5. – P. 747–764. DOI: 10.22434/IFAMR2017.0001.

11. From Patent Data to Business Intelligence – PSALM Case Studies / Z. Tekic [et al.] // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 69. – P. 296–303, DOI: 10.1016/j.proeng.2014.02.235.

12. Мусина, О. Н. Комплексное монографическое исследование «Комбинированные сыры» (обзор). Ч. 1. Статистический анализ и выявление тенденций в сыродельной отрасли путем исследования патентных документов / О. Н. Мусина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2011. – № 6. – С. 60–63.

13. Мусина, О. Н. Современные инновационные биотехнологии в сыроделии: анализ мировых тенденций за последние 20 лет / О. Н. Мусина, А. А. Майоров // Биотехнология и общество в XXI веке : сб. статей. – Барнаул : Издательство АлтГУ, 2015. – С. 213–217.

14. Мусина, О. Н. Анализ патентной ситуации в сыроделии за период 1993–2014 гг. / О. Н. Мусина // Переработка молока. – 2014. – № 8. – С. 52–57.

УДК 664.8.047

КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ СИБИРСКОГО РЕГИОНА

А. С. Мустафина
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Плоды и ягоды являются натуральным источником биологически активных компонентов, включение которых в структуру питания населения позволяет повысить качество и продолжительности периода активной жизнедеятельности человека. Перспективной формой извлечения ценных компонентов сырья, удобной с точки зрения технологии обогащения продукции питания, является экстрагирование [1–4]. Экстракты из растительного сырья применяются в производстве кондитерских изделий, мороженого, в продуктах быстрого приготовления, безалкогольных напитках, концентрированных пищевых продуктах, косметологии [5, 6]. Для экстрагирования растительного сырья необходимо предварительно провести анализ его состава на содержание в нем веществ различной химической природы, методы и условия извлечения биологически активных компонентов растения и другие характеристики [7]. Получение обоснованных технологических рекомендаций при выборе объектов экстрагирования для проектирования обогащенных продуктов питания основывается на знаниях по систематизации плодово-ягодного сырья по различным классификационным признакам. В этой связи изучение и классификация ресурсных возможностей Сибирского региона, с целью определения потенциала плодово-ягодного сырья как источника биологически активных веществ, извлекаемых при проведении процессов экстрагирования [8, 9], являются актуальными исследованиями и представляющими практическую ценность в целом для пищевой технологии.

По результатам анализа эмпирических исследований и данных нормативно-справочной документации, с учетом собственных научных исследований, предложено растительное сырье классифицировать по следующим признакам:

– *По товароведческой характеристике* – основана на потребностях переработки по органам растений для получения товарного продукта: клубни и клубневища, кора и листья, цветки и бутоны, луковицы и почки, корни и корневища, побеги и семена, травы и ягоды, плоды. Виды продукции объединяются по классам плодов, как истинные и ложные плоды. Сочные плоды по своему строению и происхождению делятся на шесть групп: семечковые, косточковые, ягоды, субтропические, цитрусовые и тропические плоды. Внутри группы подразделяются на помологические сорта. Уникальность сорта выражается определенными признаками - формой, окраской, вкусом плодов, урожайностью, устойчивостью к вредителям и болезням, сохраняемостью и другими признаками передающимися по наследству.

– *По фармакологическому воздействию* – специфическому действию веществ на организм человека: седативные, вяжущие, общеукрепляющие, тонизирующие, «сердечные».

– *По степени изученности* – возможность практического применения. Эффективные виды – используются в качестве официальных растений в настоящее время. Перспективные виды – применение в промышленности установлено по результатам научных изысканий, но в настоящее время не используются в виду незавершенности технологических исследований, после завершения исследований переходят в разряд эффективных. К потенциальному виду относятся растения не прошедшие испытания, в опытах не достигнут требуемый эффект. А практическое использование должно быть выяснено путем дополнительных исследований.

– *По условию произрастания*, в зависимости от того как растения приспособились к разным условиям окружающей среды: дикорастущие, культивируемые и интродуцированные (в результате человеческой деятельности преднамеренно или случайно завезённый из другой страны на новое место).

– *По содержанию активных веществ* – относятся к различным классам химических соединений, такие как углеводы, органические кислоты, жирные и эфирные масла, смолы, фитонциды, витамины, гликозиды, фенольные соединения, алкалоиды, макро- и микроэлементы, аминокислоты, ферменты [10, 11].

На обширной территории Сибири произрастают многочисленные виды плодово-ягодного сырья. Благоприятный климат, например, большой снежный покров, способствует культивированию и произрастанию растений. Поэтому возможна заготовка и переработка растений, в объеме порядка восьмидесяти видов, в промышленном масштабе. Высокие и стабильные урожаи в условиях Сибирского региона дают плодовые и ягодные культуры: черная и красная смородина, облепиха, малина, рябина обыкновенная, арония черноплодная, в отдельных районах земляника, жимолость и лимонник китайский.

В качестве объектов экстрагирования изучались такие сырьевые ресурсы, как: районированные в Кемеровской области плоды рябины обыкновенной (*Sórbus aucupária*), аронии черноплодной *(Arónia melanocárpa)* и ягоды смородины черной *(Ríbes nígrum),* кроме того, из малораспространенного вида сырья исследовались ягоды лимонника китайского *(Schisándra chinénsis*). Плодами рябины являются двух - пятигнездные яблочки, состоящие из кожицы, мякоти и камеры с семенами. Смородина черная относится к настаящим ягодам, имеющим сочную мякоть и погруженную в нее мелкие семена без твердой скорлупы. Лимонник китайский - настающая ягода, имеющая два семени. Ягоды аронии имеют шаровидную форму, это сочная, кисловато-сладкая ягода с вяжущим терпковатым привкусом. Особенностью этих видов растительного сырья является высокое содержание аскорбиновой кислоты, полифенольных соединений и других важных биохимических веществ, что обосновывает биологическую активность растительных экстрактов.

В соответствии с предложенной классификацией проведен анализ выбранных объектов экстрагирования, обобщенные результаты приведены в таблице.

Таблица 1 – Классификация объектов экстрагирования

Признаки классификации	**Объект экстрагирования**			
	Рябина обыкновенная (*Sórbus aucupária*)	**Лимонник китайский (*Schisándra chinénsis*)**	**Смородина черная (*Ríbes nígrum*)**	**Арония черноплодная *(Arónia melanocárpa)***
Товароведческая характеристика	плоды, кора, почки, листья	ягоды, семена, листья, кора	ягоды, листья, почки	ягоды, листья, кора
Фармакологичес–кое воздействие	Общеукрепляю-щее, поливитамин-ное	стимулирую–щее, тонизирующее	витаминное, мочегонное, противовоспали-тельное	витаминное, радиопротек–торное, противо–воспалительное, гипотензивное, мочегонное, желчегонное
Степень изученности	эффективные виды			
По биологическим характеристикам	семечковый плод	ягоды	ягоды	ягоды
По условию произрастания	культивируемые			
По содержанию активных веществ	витамин *С* до 160 мг%, каротин до 56 мг%, витамин Р	витамин *С* 70 мг%, тиамин, рибофлавин, микроэле–менты	витамин *С* до 400 мг%, полифенольные вещества, минеральные вещества	витамины *С* до 264 мг%; антоцианы 4550 мг%; катехины 1337 мг%; лейкоантоцианы 1820 мг%; флавонолы 184 мг%

Как следует из приведенной в таблице сравнительной характеристики объектов исследования, в рассматриваемом сырье, согласно товароведческой характеристике, для экстрагирования используются разные органы растений. Для извлечения ценных компонентов необходимо использовать плоды и ягоды, в связи с тем, что они относятся к возобновляемым частям растений и имеют слабую механическую прочность кожицы. Товарный вид экстрактов, как полуфабриката в производстве сиропов, настоек, кондитерских изделий, обусловлен наличием растительных пигментов, придающих продуктам различную окраску. В частности, окраску кожице плодов и ягод придают флавоновые пигменты и антоцианы.

По признаку фармакологического воздействия необходимо отметить соединения фенольной группы, которые оказывают на организм человека самое разнообразное влияние:

– капилляроукрепляющее средство - витамин Р (плоды рябины обыкновенной, ягоды черной смородины, арония черноплодная);

– стимулирующее - лигнаны (содержатся в лимоннике китайском) используют в качестве тонизирующего и общеукрепляющего средства.

Отдельному плодово-ягодному сырью свойственно многостороннее воздействие на организм человека, это и формирует фармакологические свойства растений.

Из рассматриваемого сырья плоды рябина обладают витаминным, противовоспалительным, кровоостанавливающим, капилляроукрепляющим, вяжущим, мочегонным действием, легким слабительным, понижают кровяное давление, повышают свертываемость крови, потогонным. Органические кислоты и горечи рябины имеют лечебное свойство повышать секрецию желудочного сока и усиливать его переваривающую способность, что наряду с желчегонным эффектом улучшает пищеварение. Значительное содержание количество каротина и каротиноидов оказывает рано- и язвозаживляющее действие, способствуют образованию менее грубых рубцов. Плоды рябины снижают содержание липидов в печени и холестерина в крови, могут быть потенциальными источниками антидиабетических соединений [12].

Извлечения из лимонника китайского способствуют повышению артериального давления, уменьшению частоты сердечных сокращений и усиливают их амплитуду, учащается ритм и увеличивается амплитуда дыхательных движений, улучшается нервно-мышечная проводимость.

Черная смородина обладает лечебным действием благодаря наличием высокого содержания в ягоде витамина С, антоциановых и флавоноидов веществ, обладающих антиоксидантными свойствами [7]. Способствует понижению кровяного давления, улучшает состояние сердечно-сосудистой системы, повышает аппетит. Оказывает мочегонное, общеукрепляющее действие, противоопухолевое, противовирусное влияние, усиливает функции многих внутренних органов: желудка, печени и кишечника [13].

Антиоксидантные, гипотензивные свойства черноплодной рябины делают ее весьма полезной для рациона человека [14, 15]. Употребление ягод аронии черноплодной благоприятно влияет на пищеварение, улучшается аппетит и способствует повышению секреторной функции желудка. Применение аронии известно с давних времен при нарушениях функционирования щитовидной железы (тиреотоксикоз) и в качестве иммуноповышающего средства.

Таким образом, по результатам проведенных исследований предложена классификация по обобщенным признакам растительного сырья как объекта экстрагирования. Из сравнительной характеристики объектов экстрагирования выявлено, что растительное сырье Сибирского региона является перспективным как по биологическим особенностям, так и по товароведческим характеристикам. Приведенная классификация растительного сырья для экстрагирования позволит обоснованно подобрать режимы и параметры процесса извлечения биологически активных веществ, выбрать оптимальный вид экстрагента. Исследованные объекты экстрагирования являются безопасными источниками

антиоксидантов и могут быть полезными в лечебных целях, в качестве функциональных пищевых ингредиентов.

Список литературы

1. Hidalgo, G.-I. Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: a review / G.-I. Hidalgo, M. P. Almajano // Antioxidants. – 2017. – Vol. 6. – No. 1. – P. 7. DOI: 10.3390/antiox6010007.

2. Бакин, И. А. Совершенствование технологии экстрагирования ягодного сырья с использованием ультразвуковой обработки / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, П. Н. Лунин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 12. – С. 91–95.

3. Бакин, И. А. Влияние комплексных технологических приемов обработки на экстрагирование ягодного сырья / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, П. Н. Лунин // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2016. – № 5-6 (353-354). – С. 24–27.

4. Сорокопуд, А. Ф. Влияние основных факторов на экстрагирование плодов лимонника / А. Ф. Сорокопуд, А. С. Мустафина, К. С. Федяев // Химия растительного сырья. – 2012. – № 1. – С. 161–164.

5. Мустафина, А. С. Маркетинговое исследование рынка продуктов, содержащих экстракты и концентраты плодово-ягодного сырья / А. С. Мустафина, И. А. Бакин // Ползуновский вестник. – 2013. – № 12-2. – С. 132.

6. Использование вторичных ресурсов ягодного сырья в технологии кондитерских и хлебобулочных изделий / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, Е. А. Вечтомова, А. Ю. Колбина // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 45. – № 2. – С. 5–12.

7. Изучение химического состава ягод черной смородины в процессе переработки / И. А. Бакин, А. С. Мустафина, П. Н. Лунин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – № 6. – С. 159–162.

8. Мустафина, А. С. Интенсификация извлечения аскорбиновой кислоты в поле низкочастотных механических колебаний / А. С. Мустафина, А. Ф. Сорокопуд, К. С. Федяев // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 2 (29). – С. 85–88.

9. Valiulina, D. F. Grape pomace extract and pear in snack production technology / D. F. Valiulina, N. V. Makarova, I. A. Kustova // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5. – No. 1. – P. 63–72. DOI: 10.21179/2308-4057-2017-63-72.

10. Коновалова, Е. Ю. Классификация природных соединений. Новые подходы на современном этапе // Фундаментальные исследования, 2012. – № 8, Часть 1. – С. 197-203.

11. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries / S. Skrovankova, D. Sumczynski, J. Mlcek, T. Jurikova, J. Sochor // International Journal of Molecular Sciences. – 2015. – Vol. 16. – P. 24673–24706. DOI: 10.3390/ijms161024673.

12. Hasbal, G. In vitro antidiabetic activities of two Sorbus species / G. Hasbal, T. Yilmaz Ozden, A. Can // Eur. J. Biol. – 2017. – Vol. 76(2). – P. 57–60.

13. Protective effects of berry extracts on hydrogen peroxide-induced rat brain neuronal cell damage in vitro/ J. Chang-Ho [et al.] // Journal of Food and Nutrition Research. – 2014. – Vol. 2. – No. 6. – P. 277–280. DOI: 10.12691/jfnr-2-6-2.

14. Sikora, J. Extract of Aronia melanocarpa-modified hemostasis: in vitro studies / J. Sikora, M. Broncel // European Journal of Nutrition. – 2014. – Vol. 53. – P. 1493–1502. DOI: 10.1007/s00394-014-0653-8.

15. Арония черноплодная: биологическая активность и перспективы использования в медицине / И. В. Сафронова, В. А. Козлов, И. А. Гольдина, К. В. Гайдуль // Инновации и продовольственная безопасность. – 2014. – № 3 (5). – С. 32–43.

УДК 663.40

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИВА ПУТЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ДРОЖЖЕЙ

Л. В. Пермякова
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Физиолого-биохимическое состояние дрожжей и способность их адаптации к условиям конкретной среды существенно влияют на скорость и глубину сбраживания экстракта сусла, образование как основных продуктов спиртового брожения (этилового спирта и диоксида углерода), так и вторичных и побочных компонентов, формирующих вкусоароматический профиль готового напитка, его микробиологическую и коллоидную стабильность [1–5].

Традиционная схема ведения дрожжей в производстве пива включает их съем, очистку, хранение, обработку и введение в следующий цикл брожения. В связи с переходом многих заводов на технологию сбраживания сусла в цилиндро-конических бродильных аппаратах подходы к осуществлению этих операций изменились [2, 6]. Проведение ферментации среды в аппаратах подобного типа, несмотря на такое преимущество, как сокращение длительности процесса, вызывает у дрожжей многочисленные виды стрессов.

Выделяют стрессовые факторы, связанные с составом среды (концентрацией сухих веществ, кислорода, ионов водорода, содержанием этанола, диоксида углерода, дефицитом питательных компонентов, наличием токсичных веществ) и с условиями проведения процесса (температурой, осмотическим и гидростатическим давлением) [1, 7, 8]. Исходя из этого, требуется корректировка работы с производственными дрожжами, особенно на стадии хранения семенной культуры и подготовки ее к ферментации сусла [9–11].

В настоящее время очистка дрожжей от различных взвесей путем пропускания через вибросито часто отсутствует из-за большой вероятности инфицирования культуры. Промывка биомассы с последующим хранением под слоем воды приводит к значительному ухудшению биотехнологических показателей дрожжей: увеличению количества мертвых клеток, снижению концентрации клеток с гликогеном и почкующихся, спаду активности ферментов [1, 3, 9]. Происходит выделение из клеток в среду инкубации азотистых, минеральных веществ, витаминов и других соединений, в результате чего дрожжи ослабевают, причем тем сильнее, чем длительнее период и выше температура хранения.

В связи с этим рекомендуется хранить дрожжи без промывки водой под слоем молодого пива или сусла. Обязательным условием является поддержание низкой температуры во всем объеме дрожжевой культуры (0–4 °С).

В случае ослабления дрожжей, о чем судят, в частности, по содержанию клеток, упитанных по гликогену, желательно провести активацию. Спектр используемых приемов для повышения жизненной активности дрожжей достаточно широк: разбраживание, аэрообработка, тепловое воздействие, применение различного рода добавок и препаратов [1, 3, 9, 12]. В последнем случае рынок предлагает подкормки для дрожжей: «Алкотен», «Истфуд», «Истекс», «Родия Зумесит» и др., содержащие либо одну группу веществ (например, неорганические соли), либо комплекс соединений (азотистых, минеральных, витаминов) [13–16]. Производителем препаратов предусматривается их внесение на стадии ферментации сусла.

Представляется интересным исследовать возможность применения традиционных дрожжевых подкормок для улучшения физиолого-биохимических показателей пивных семенных дрожжей перед введением в среду сбраживания.

Объект изучения – пивные дрожжи низового брожения расы С34. Инкубационной средой служило охмеленное сусло экстрактивностью 11 % либо молодое пиво, полученное по технологии сорта «Жигулевское».

В качестве стимулирующих добавок использовали препараты «Истекс» (США), «Хай-Вит» (Германия), «Истфуд» (Австрия). В состав подкормок входят: $(NH_4)_2HPO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$, витамины группы В, аспарагиновая, аспартамовая, глутаминовая аминокислоты, пептон («Хай-Вит»); $(NH_4)_2HPO_4$, $MnSO_4$, $ZnSO_4$ («Истекс»); $(NH_4)_2SO_4$, $(NH_4)_2HPO_4$, витамины группы В («Истфуд») [12, 15, 16].

Семенные дрожжи смешивали с суслом / молодым пивом (1:2), вносили добавку (0,04 г/дм^3) и выдерживали от 0,5 до 3 ч при температуре не выше 4 °С. Контроль – инкубация дрожжей в среде без препарата.

Влияние подкормок в процессе кратковременной обработки дрожжей оценивали по физиологическому состоянию культуры и ее биокаталитической способности.

Как видно из полученных данных (табл. 1), все применяемые препараты значительно повысили ферментативную активность дрожжевой культуры. Характер изменения активности α-глюкозидазы (фермента подготовительной стадии гликолиза) и зимазного комплекса (катализаторов собственно спиртового брожения) определяется составом добавки, средой суспендирования дрожжей, а также длительностью инкубации.

Таблица 1 – Влияние пищевых подкормок на активность ферментов дрожжей при инкубации в разных средах

Препарат	Выдержка, ч	Сусло пивное		Пиво молодое	
		Активность, ед./г			
		α-глюкозидазы	зимазного комплекса	α-глюкозидазы	зимазного комплекса
«Истекс»	–	3,4	10,4	2,3	9,2
	1	5,4	20,2	3,2	14,7
	2	6,3	22,6	3,5	15,3
	3	6,1	20,8	3,3	14,9
«Истфуд»	–	3,4	10,4	2,3	9,2
	1	5,1	19,8	3,3	14,5
	2	6,4	20,8	3,5	15,1
	3	6,3	20,6	3,4	14,4
«Хай-Вит»	–	3,4	10,4	2,3	9,2
	1	5,2	19,4	3,2	13,8
	2	6,4	20,2	3,3	14,9
	3	6,2	20,8	3,2	15,7

При часовой выдержке в пивном сусле зимазная активность повысилась в зависимости от используемого препарата в 1,8–1,9 раза по сравнению с контролем, активность α-глюкозидазы — в 1,5–1,6 раза. Увеличение времени контакта до 2 ч способствует росту активности зимазного комплекса в 2,0–2,5 раза, α-глюкозидазы – на 88–90 %. Трехчасовая выдержка несколько снижает исследуемые показатели.

Использование в качестве среды суспендирования дрожжей молодого пива также способствовало изменению активности биокатализаторов, но в меньшей степени, чем при обработке в сусле: активность зимазы и α-глюкозидазы соответственно возросла в 1,5–1,7 и в 1,4–1,5 раза в сравнении с контролем и в зависимости от препарата и длительности обработки.

Внесение подкормок в среду инкубирования (сусло / молодое пиво) дрожжей привело к возрастанию в среднем количества клеток почкующихся на 13 %/11 %, с содержанием гликогена – на 23 %/12 %, снижению нежизнеспособных особей на 12 %/8 %.

Эффективность препаратов в большей степени проявляется при суспендировании дрожжей в сусле, чем в пиве. Пивное сусло характеризуется наличием легкоусвояемых углеводов и азотистых веществ, макро- и микроэлементов, ростовых факторов, являющихся

либо субстратами для действия ферментов, либо их регуляторами. Внесенные с подкормками компоненты оказывают дополнительное стимулирование биокаталитической активности.

Субстратный дефицит в молодом пиве, а также присутствие продуктов жизнедеятельности дрожжей (спиртов, альдегидов, кислот и др.) являются наиболее вероятными причинами ингибирования катализаторов и ухудшения физиологического состояния популяции.

Среди используемых препаратов большую результативность на дрожжи оказали «Истфуд» и «Хай-Вит», что связано, очевидно, с полноценностью их состава.

Таким образом, внесение подкормок в дрожжевую суспензию благоприятно сказывается на жизнедеятельности культуры даже при кратковременной обработке.

Был исследован процесс сбраживания 11 %-го пивного сусла активированными дрожжами (среда инкубации – сусло, длительность выдержки с препаратами 2 ч). Норма введения инокулята в среду 20 млн кл/см^3, температура ферментации 10–12 °С. В контрольном варианте сусло сбраживали дрожжами без активации.

Результаты эксперимента (табл. 2) показали, что процесс размножения дрожжей идет более интенсивно во всех опытных образцах по сравнению с контролем.

Таблица 2 – Изменение физиологических показателей дрожжей и убыли сухих веществ сусла в динамике брожения

Препарат	Длительность брожения, сут							
	0	1	2	3	4	5	6	7
	Общая концентрация дрожжей, млн кл/см^3							
Контроль	20	33	52	58	50	40	20	10
«Истекс»	20	48	74	82	60	44	28	18
«Истфуд»	20	46	69	78	64	50	28	15
«Хай-Вит»	20	40	60	72	63	48	22	12
	Количество клеток почкующихся (% от общего)							
Контроль	19	44	59	55	40	28	20	12
«Истекс»	27	59	68	70	62	53	46	17
«Истфуд»	35	54	64	65	60	56	42	16
«Хай-Вит»	39	52	60	59	56	47	40	14
	Количество клеток с гликогеном (% от общего)							
Контроль	28	20	50	55	50	40	32	20
«Истекс»	36	34	54	59	57	50	33	27
«Истфуд»	40	45	62	70	68	60	52	30
«Хай-Вит»	42	48	56	64	62	50	40	32
	Видимый экстракт (%)							
Контроль	11,0	10,0	9,0	8,0	7,2	6,0	5,0	4,7
«Истекс»	11,0	10,0	9,2	8,5	7,3	6,0	5,0	4,2
«Истфуд»	11,0	9,8	9,0	8,5	7,2	6,2	5,3	4,4
«Хай-Вит»	11,0	10,0	9,5	8,3	7,0	6,0	5,2	4,5

Максимальное количество клеток накапливается к третьим суткам брожения и в образцах сусла, сброженных активированными дрожжами, составляет 360–400 % от исходного засева, в то время как в контрольном варианте 290 %.

Аналогичная тенденция наблюдается в изменении активно почкующихся клеток и с содержанием резервного полисахарида: во всех опытных вариантах в точке максимума концентрация таких дрожжей была соответственно в 2,1–2,4 раза и в 1,5–1,8 раза больше исходной величины в зависимости от препарата, а в контроле – в 2,0 и 1,4 раза выше.

Применение предварительно подготовленных дрожжей позволило сократить фазу адаптации и быстрее начать процесс брожения.

К окончанию ферментации содержание сухих веществ в молодом пиве опытных образцов было на 4–11 % ниже, чем в контрольном варианте, что свидетельствует о более глубоком протекании процесса и позволяет говорить о возможности сокращении длительности главного брожения. Интенсификация сбраживания экстрактивных веществ сусла связана не только с улучшением физиологического состояния дрожжей при использовании пищевых подкормок, но и с высокой активностью ферментов, осуществляющих данный процесс, о чем было отмечено ранее.

Результаты исследований по применению пищевых подкормок на этапе подготовки инокулята к введению в сусло позволяют сделать следующие выводы. Кратковременная активация пивных семенных дрожжей подкормками, содержащими различные органические и неорганические питательные вещества и активаторы роста, значительно улучшает физиологические и биохимические показатели дрожжевой культуры, что положительно влияет на их жизнеспособность. Использование активированных дрожжей для ферментации среды позволяет сократить длительность процесса примерно на 12 ч.

Список литературы

1. Annemuller, G. The yeast in the brewery / G. Annemuller, H.-J. Manger, P. Lietz. – VLB Berlin, 2011. – 430 p.

2. Нарцисс, Л. Краткий курс пивоварения / Л. Нарцисс, при участии В. Бака ; пер. с нем. А. А. Куреленкова. – СПб. : Профессия, 2007. – 640 с.

3. Back, W. Ausgewahlte Kapitel der Brauereitechnologie / W. Back. – Fachverlag Hans Carl, Hurnberg, 2008. – 400 p.

4. Boulton, C. Brewing yeast and fermentation / C. Boulton, D. Quain. – Oxford : Blackwell Science, 2001. – 646 p.

5. Thiele, F. Influence of yeast vitality and fermentation parameters on the formation of yeast metabolites / E. Thiele, W. Back // Proc. EBC 31st Congr., Venice, 2007. – P. 309–322.

6. Thiele, E. Yeast quality distribution on cone of cylindro conical tanks / E. Thiele, A. Hartwing, W. Back. – Brewing Science, June/Aug, 2008. – Vol. 61. – P. 148–161.

7. Adaptive response of Saccharomyces cerevisiae to hyperosmotic and oxidative stress / F. Lu [et al.] // Process Biochemistry. – 2005. – Vol. 40. – P. 3614–3618.

8. Yeast Biotechnology: Diversity and Applications / ed. T. Satyanarayana and G. Kunze. – Berlin : Springer Science + Business Media B. V., 2009. – 744 p.

9. Optimisation of storadge and propagation for consistent lager fermentations / G. Hulse [et al.] // Brewing yeast fermentation performance. – Oxford : Blackwell Science, 2000. – P. 161–169.

10. Schneeberger, M. Der Einfluss des Aufbewahrungs – zeitraumes von Uberschusshefe auf die Qualitat des darin enthaltenen, wiedergewinnbaren Hefebieres / M. Schneeberger, M. Krottenthaler, W. Back // Handbook 37th Techn. Seminar Weihenstephan. – 2004. – P. 3/1–3/3.

11. Schonenberg, S. Yeast physiology a key to optimize fermentation process / S. Schonenberg, E. Geiger // Proc. EBC, 31st Congr., Venice, 2007. – P. 388–396.

12. Пермякова, Л. В. Классификация стимуляторов жизненной активности дрожжей / Л. В. Пермякова // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – Т. 42, № 3. – С. 46–55.

13. Меледина, Т. В. Сырье и вспомогательные материалы в пивоварении: справочник / Т. В. Меледина. – СПб. : Профессия, 2003. – 304 с.

14. Эрбслё. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.erbsloeh.com.

15. Murphy & Son. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.murphyandson.co.uk.

16. Hydralco Hydrocolloide GmbH. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://hydralco.de/hydralco_en.html.

УДК 546.57:574

ЭКОЛОГИЧНЫЕ БИОЦИДЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ КЛАСТЕРНОГО СЕРЕБРА ДЛЯ ОБРАБОТКИ БУМАГИ/КАРТОНА

Т. А. Розалёнок
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Вопрос обеспечения безопасности и качества пищевых продуктов – один из основных направлений, определяющих благополучие населения. Одной же из основополагающих проблем продовольственной безопасности становится микробиологическая порча упакованных продуктов питания (в т. ч. из-за образования плесени) [1]. Кроме того, на сегодняшний день негативное микробиологическое воздействие на упакованный пищевой продукт наносит значительный экономический ущерб производителям [2, 3].

При этом особенно показательным становится поражение микроскопическими грибами продуктов, упакованных в материалы из бумаги/картона. Что не удивительно, поскольку в состав бумаги/картона входят разнообразные компоненты, которые включают пористые материалы, способные легко аккумулировать влагу.

Из курса микробиологии хорошо известно, что влага – один из основных факторов, которые определяют появление различных микромицетов (в т. ч. микроскопических плесневых грибов) [1]. При сложившихся неблагоприятных условиях (высокая влажность, благоприятная для развития микрофлоры температура) даже случайно попавшие на бумагу/картон споры микроскопических плесневых грибов начинают постепенно прорастать. С течением времени рост и развитие таких плесневых грибов становится всё более интенсивным, охватывая поверхность и глубокие слои упаковочного материала. Данная ситуация усугубляется тем, что при таких неблагоприятных условиях – во время процессов транспортировки, хранения и реализации – внутри пищевого продукта, упакованного в тару из бумаги/картона, будет происходить накопление токсинов (в т. ч. микотоксинов), которые при последующем употреблении могут вызвать пищевое отравление у потребителя [2].

Кроме того, способность мицелия гриба к накоплению влаги (в результате их физиолого-биохимической деятельности) делает доступными для поражения плесенью даже те материалы, которые имеют относительно малое содержание влаги (например, бумага). Материал превращается в коллоидно-биологическую систему, капилляры которой очень часто заполнены мицелием микроскопических грибов, выделяющих в окружающую среду различные метаболиты (в т. ч. ферменты). Также для нормального развития микроскопических плесневых грибов требуется определенное количество кислорода воздуха, поэтому на их развитии положительно сказывается, как повышенная пористость, так и воздухопроницаемость картона. Для развития микроскопических плесневых грибов на бумаге/картоне решающим фактором станет не химический состав субстрата и его физико-химические свойства, а содержание капиллярной влаги, заполняющей все поры волокон. Интенсивность разрушения бумаги/картона (и особенно картона) усиливается в присутствии легко поражаемых продуктов (например, с повышенным содержанием влаги и сахара таких, как мучные кондитерские и хлебобулочные изделия) [1].

В связи с этим поиск путей антимикробной и фингицидной защиты упакованного пищевого продукта становится актуальной задачей, не только для производителя, но и, в конечном итоге, для непосредственного потребителя.

Одним из способов решения данной задачи является модификация упаковочных материалов из бумаги/картона различными антимикробными и фунгицидными добавками [2, 4-6]. Среди модификаторов для упаковки особо выделяют кластерное серебро, которое относится к натуральным биологическим антибиотикам [7]. Стоит отметить, что, в отличие от воздействия наночастиц серебра на патогенные микроорганизмы, его воздействие на микроскопические плесневые грибы носит избирательный характер [8], что не даёт гарантий обеспечения фунгицидной защиты упакованного пищевого продукта.

В сложившейся ситуации наиболее перспективным является использование композитов кластерного серебра [2], сочетающего в себе свойства, как природного бактерицида (серебра), так и фунгицида [9]. Использование таких экологичных биоцидов позволит решить проблему безопасности потребительских товаров, что по-прежнему является одной из важнейших государственных задач, поскольку от ее решения зависит здоровье и благополучие человека, а, следовательно, и престиж России в целом.

Таким образом, основными преимуществами экологичных биоцидов на основе композитов кластерного серебра являются: безопасность для человека и природы; отсутствие хлорных соединений, спиртов, фенолов, альдегидов; усиление биоцидных свойств за счёт синергического действия компонентов [2].

Цель данного исследования – использование экологичных биоцидов на основе композитов кластерного серебра для обработки упаковки из бумаги/картона с целью придания ей антимикробных и фунгицидных свойств.

На первом этапе исследования были синтезированы коллоидные растворы кластерного серебра со средним размером частиц 1-2 нм. Синтез коллоидных растворов кластерного серебра осуществляли с помощью модифицированного высокомолекулярного процесса, который предполагает восстановление нитрата серебра с этиленгликолем в присутствии стабилизаторов, таких как поли-N-винилпирролидон [10].

Далее на основании результатов предварительного испытания были отобраны для дальнейших исследований три наиболее удачных варианта экологичных биоцидов на основе композитов кластерного серебра (далее – экологичные биоциды) [2, 11]. Показатели качества разработанных экологичных биоцидов представлены в таблице 1.

В дальнейшем экологичный биоцид на основе кластерного серебра № 1, для краткости, будет просто именоваться, например: «ЭБ-1» или «Экологичный биоцид ЭБ-1».

Таблица 1 – Показатели качества разработанных экологичных биоцидов

Показатель	Экологичные биоциды		
	ЭБ-1	ЭБ-2	ЭБ-3
Внешний вид, цвет, однородность, опалесценция	Прозрачный, однородный, бесцветный коллоид без опалесценции		
Запах	Слабый, лимонной кислоты	Слабый, бензоата натрия	Слабый, уротропина
pH	4,1±0,1	5,9±0,1	7,6±0,1
Eh (ОВП), мВ	184,5±0,1	77,6±0,1	–44,5±0,1
Плотность при 20 °С, кг/дм^3	1,1±0,1	1,2±0,1	1,1±0,1
Вязкость при 20 °С, мПа·с	10,7±0,2	17,1±0,2	11,3±0,2
Устойчивость раствора во времени	Устойчивый коллоид, осадок не выпадает		

Для каждого экологичного биоцида были проведены испытания его фунгицидных свойств. В качестве тестовых культур использовали штаммы микроскопических плесневых грибов: *Alternaria radicina, Penicillium glaucum, Aspergillus flavus.* Исследования проводились в два этапа.

На первом этапе исследования фунгицидных свойств по формуле Эбботта рассчитывали показатель подавления (Т, %). Гистограмма фунгицидной активности тестируемых экологичных биоцидов представлена на рисунке 1. При анализе гистограммы, полученной на первом этапе исследования, выявили, что все рассмотренные экологичные биоциды проявляют высокую фунгицидную активность (в той или иной степени).

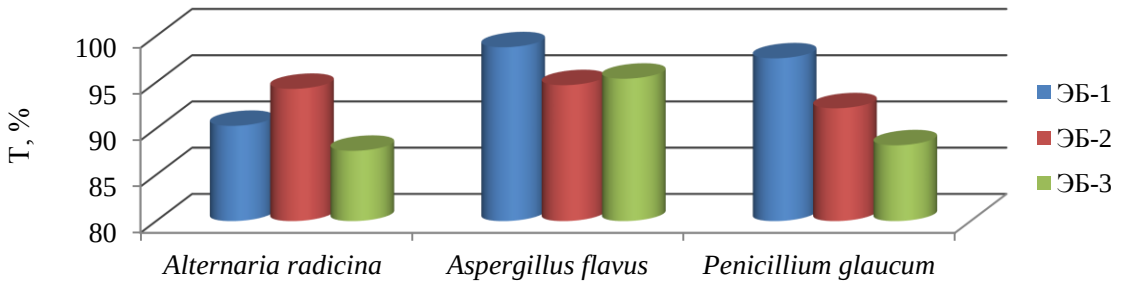


Рисунок 1 – Гистограмма фунгицидной активности тестируемых экологичных биоцидов по отношению к микроскопическим плесневым грибам *Alternaria radicina, Penicillium glaucum, Aspergillus flavus*

На втором этапе для исследования фунгицидных свойств был использован метод дисков, с помощью которого определялась фунгицидная активность исследуемых экологичных биоцидов. Исследования проводили в пяти повторностях. Результаты проведённого исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования фунгицидной активности экологичных биоцидов в отношении штаммов микроскопических плесневых грибов

Штамм микроскопического плесневого гриба	Зона подавления роста, мм		
	ЭБ-1	ЭБ-2	ЭБ-3
Alternaria radicina	3,4 ± 0,1	4,8 ± 0,1	4,6 ± 0,1
Aspergillus flavus	2,3 ± 0,1	3,5 ± 0,1	3,9 ± 0,1
Penicillium glaucum	1,4 ± 0,1	3,2 ± 0,1	3,1 ± 0,1

Для наглядности все результаты, полученные на основе замера зоны подавления роста, представлены в виде сводной диаграммы фунгицидной активности экологичных биоцидов (рисунок 2).

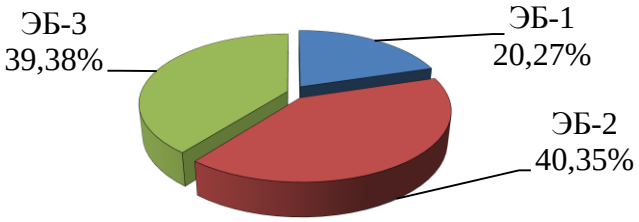


Рисунок 2 – Сводная диаграмма фунгицидной активности экологичных биоцидов

Проанализировав полученные в ходе исследования данные, отметили, что все тестируемые экологичные биоциды эффективны и оказывают фунгицидное действие по отношению к микроскопическим плесневым грибам: *Aspergillus flavus, Alternaria radicina, Penicillium glaucum*.

Кроме того, для проверки антимикробной активности был осуществлён анализ смывов с внутренней поверхности бумаги/картона, обработанной экологичными биоцидами. Анализ проводился с использованием петрифильмов 3M Petrifilm Aerobic Count Plate (AC); 3M Petrifilm *E. coli* and Coliform Count Plate (EC); 3M Petrifilm Staph Exspress Count Plate (STX) + 3M Petrifilm Staph Exspress Disk.

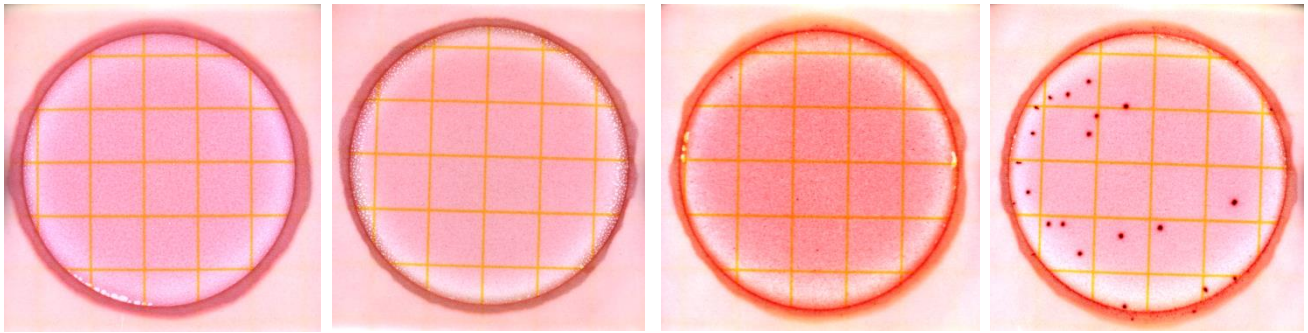
Анализируя результаты, полученные после проведения анализов смывов с упаковок на петрифильмы: «3M Petrifilm E. coli and Coliform Count Plate (EC)» и «3M

Petrifilm Staph Exspress Count Plate (STX) + 3M Petrifilm Staph Exspress Disk» (рисунок 3 и 4 соответственно) – сделан вывод, что все три образца, обработанные экологичными биоцидами показали одинаковые результаты, т.е. рост микроорганизмов не наблюдался.

Однако, при анализе результатов смывов, полученных на петрифильме «3M Petrifilm Aerobic Count Plate (AC)» (рисунок 4) видно что, только при использовании бумаги, обработанной экологичным биоцидом ЭБ-2 (б) – не происходит роста бактерий. На фотографии смывов ЭБ-1 и ЭБ-3 видны несколько колоний, окрашенных в красный цвет. Конечно, по сравнению с контрольным образцом, данные смывы имеют незначительное – в разы меньшее количество колоний – однако для дальнейшего применения рекомендуется использовать экологичный биоцид ЭБ-2.

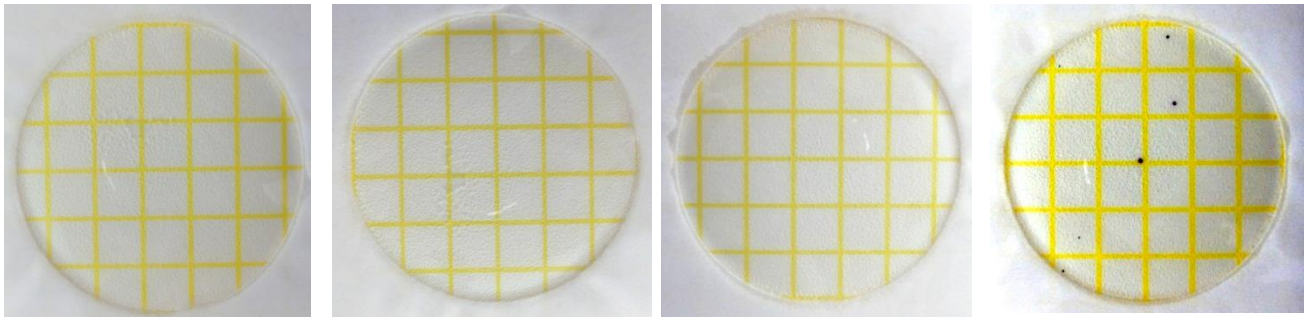
Таким образом, на основании полученных данных, сделали вывод, что экологичный биоцид ЭБ-2 оказывает выраженное антибактериальное действие в отношении мезофильных аэробных и факультативно–анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), а также *S. Aureus, E. coli* и колиформных бактерий (БГКП).

Кроме того, в ходе проведенных исследований было установлено, что использование кластерных композитов в качестве модифицирующей добавки при создании экологичных биоцидов – является перспективным для антимикробной и фунгицидной защиты упаковки из бумаги/картона. Модифицированные таким образом упаковочные материалы, полученные на основе бумаги/картона, могут использоваться для продления сохранности тех продуктов, для которых критическим показателем качества будет являться фунгицидная устойчивость (например: хлеб, хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, фрукты, овощи). Также возможно использование данного картона как сырья при создании транспортной тары для различных групп пищевых продуктов.



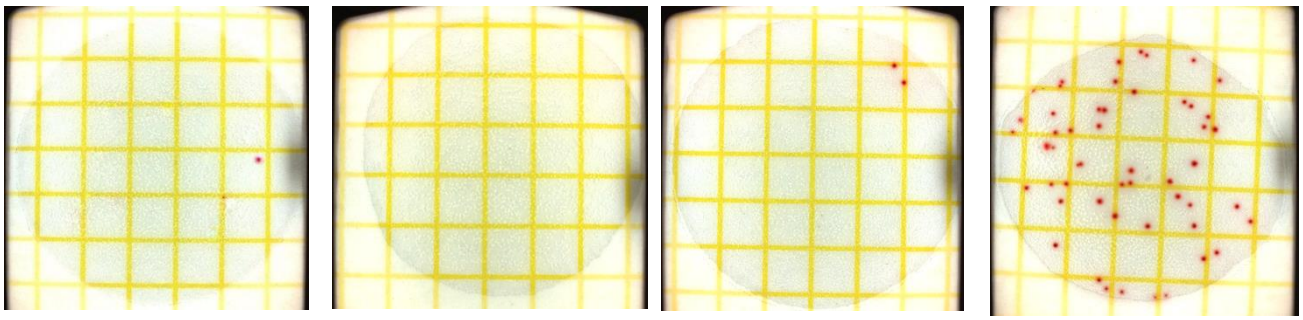
а **б** **в** **г**

Рисунок 3 – Фотографии смывов с образцов, обработанных экологичным биоцидом, на «3M Petrifilm E. coli and Coliform Count Plate (EC)»: а – ЭБ-1; б – ЭБ- 2; в – ЭБ-3; г – контроль



а **б** **в** **г**

Рисунок 4 – Фотографии смывов с образцов, обработанных экологичным биоцидом, на «3M Petrifilm Staph Exspress Count Plate (STX) + 3M Petrifilm Staph Exspress Disk» : а – ЭБ-1; б – ЭБ- 2; в – ЭБ-3; г – контроль



а б в г

Рисунок 5 – Фотографии смывов с образцов, обработанных экологичным биоцидом, на «3M Petrifilm Staph Exspress Count Plate (STX) + 3M Petrifilm Staph Exspress Disk»: а – ЭБ-1; б – ЭБ- 2; в – ЭБ-3; г – контроль

Список литературы

1. Розалёнок, Т. А. Исследование и разработка способа продления сохранности мучных кондитерских изделий / Т. А. Розалёнок // Техника и технология пищевых производств. – 2016. – № 2. – С. 141–148.
2. Розалёнок, Т. А. Использование кластерных композитов для придания пищевой упаковке антимикробных свойств / Т. А. Розалёнок, Ю. Ю. Сидорин // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2016. – № 4 (39). – С. 84–88.
3. Innovative Food Packaging Solutions / A. L. Brody [et al.] // Journal of Food Science. – 2008. – Vol. 73. – No 8. – P. 107–116.
4. Taylor, M. R. Assuring the safety of nanomaterials in food packaging: the regulatory process and key issues / M. R. Taylor. – Woodrow Wilson International Center for Scholars. Project on emerging nanotechnologies. – 2008. – 100 p.
5. Simon, P. Migration of engineered nanoparticles from polymer packaging to food – a physicochemical view / P. Simon, G. Chaudhry, D. Bakos // J. Food and Nutrition Res. – 2008. – 47 (3). – P. 105–113.
6. Karam, L. Study of surface interactions between peptides, materials and bacteria for setting up antimicrobial surfaces and active food packaging / L. Karam, C. Jama, P. Dhulster, et al. // J. Mater. Environ. Sci. – 2013. – No 4 (5). – P. 798–821.
7. Mechanisms of silver nanoparticle release, transformation and toxicity: a critical review of current knowledge and recommendations for future studies and applications / B. Reidy [et al.] // Materials. – 2013. – No 6. – P. 2295–2350.
8. Nasrollahi, A. Antifungal activity of silver nanoparticles on some of fungi / A. Nasrollahi, Kh. Pourshamsian, P. Mansourkiaee // International Journal of Nano Dimension. – 2011. – No. 1(3). – P. 233–239.
9. Rozalyonok, T. A Comparative Study of Antimicrobial Activity of Silver Clusters Against Various Microorganisms / T. Rozalyonok, Yu. Sidorin // Science Evolution. – 2016. – Vol. 1. – No. 2. – P. 85–91.
10. Research of the influence of silver clusters on decomposer microorganisms and *E. coli* bacteria / A. I. Piskaeva [et al.] // Food and Raw Materials. – 2014. – No. 1. – P. 62–66.
11. Розалёнок, Т. А. Сравнительная оценка биоцидных композиций на основе кластерного серебра / Т. А. Розалёнок // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. – 2016. – Т. 12. – № 2. – С. 5–11.

УДК 663.6

УСТАНОВЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ И СРОКА ГОДНОСТИ ПИТЬЕВЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ПОСЛЕ ВСКРЫТИЯ УПАКОВКИ

Е. М. Севостьянова
Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН, г. Москва, Россия

Вода является основой жизни, и удовлетворительное (адекватное, безопасное и доступное) обеспечение водой должно быть доступно для всех слоев населения.

В России производится большой ассортимент питьевых и минеральных вод различных гидрохимических типов и различной минерализации, а условия их хранения в течение срока годности часто не соответствуют установленным в ранее изданных нормативных документах.

В настоящее время производство питьевых и минеральных вод регламентируется Техническими регламентами Таможенного союза: «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011), «Пищевая продукция в части ее маркировки» (ТР ТС 022/2011), Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) (глава II, раздел 9 и 21 соответственно).

Согласно Техническому регламенту ТР ТС 021/2011, питьевые и минеральные воды, находящиеся в обращении на таможенной территории Таможенного союза в течение установленного срока годности, при использовании по назначению должны быть безопасны. Они должны быть безопасны по своему химическому составу, а также в эпидемическом и радиационном отношении. Сроки годности и условия хранения минеральных вод устанавливаются изготовителем.

К факторам, обеспечивающим сохранение качества минеральных вод при доведении их от производства до потребителя, относятся упаковка, условия транспортирования и хранения. Анализ литературных данных показал, что на качество и безопасность минеральных вод в процессе хранения влияют материал и объем потребительской тары, срок и температурные условия хранения [1–6]. Для обоснования сроков годности пищевых продуктов разработаны санитарные правила и методические указания, которые не распространяются на бутилированные питьевые и минеральные воды [7, 8].

Основой обоснования сроков годности питьевых и минеральных вод является проведение микробиологических, санитарно-химических исследований, оценка органолептических свойств образцов минеральных вод в процессе хранения при температурах, предусмотренных нормативной и/или технической документацией [9].

Одним из требований технического регламента Таможенного союза ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки» (статья 4, п. 4.1 § 6) является установление условий хранения пищевой продукции после вскрытия упаковки. Требование распространяется на продукцию, качество и безопасность которой изменяется после вскрытия упаковки. Хотя расфасованные питьевые и минеральные воды не являются «скоропортящимся» продуктом, цель нашей работы состояла в получении экспериментальных данных о влиянии сроков и температурных режимов хранения упакованных питьевых и минеральных вод различных групп, расфасованных в потребительскую упаковку различной вместимости после вскрытия упаковки, на их безопасность и качество.

В настоящее время питьевые и минеральные воды упаковываются в основном в тару из полимерных материалов и стеклянную. По сравнению со стеклянными бутылками у всей тары из полимерных материалов есть один большой недостаток: стенки любой емкости из

полимера доступны проникновению газов и жидкостей, в то время как стенки стеклянных бутылок практически непроницаемы. Газы могут проникать в стеклянную бутылку и выводиться из нее только через пробку.

Стеклянная упаковка для упаковывания питьевой и минеральной воды не так популярна, как упаковка из полимерных материалов, из-за удорожания напитка и трудоемкости использования больших объемов упаковки. Считается, что минеральная вода в стеклянной упаковке является товаром для потребителя с более высоким доходом и особой культурой потребления. Стеклянная упаковка является химически устойчивой, не пропускает ультрафиолетовые лучи и углекислый газ [10].

Существует два основных вида полимерных материалов для бутилированной воды: поликарбонат и полиэтилентерефталат (ПЭТ). В качестве материала для упаковки питьевых и минеральных вод используют в основном ПЭТ – это на сегодняшний момент наиболее распространенный пластик в пищевой и упаковочной промышленности. Одно из основных преимуществ ПЭТ-упаковки – это та простота, с которой производитель может смонтировать линию по изготовлению ПЭТ-упаковки прямо на своем предприятии, а такой путь существенно удешевляет тару и, соответственно, весьма привлекателен для производителей воды, как и неограниченные возможности по дизайну бутылки. ПЭТ абсолютно прозрачен, бутылка, изготовленная из этого материала, выглядит чистой, привлекательной, естественная прозрачность материала делает его идеальным для розлива газированной воды. Кроме того, ПЭТ можно окрасить, например, в зеленый или коричневый цвет, для того, чтобы внешний вид продукции максимально соответствовал запросам потребителей. Существенными недостатками ПЭТ-тары являются ее относительно низкие барьерные свойства. Она пропускает в бутылку ультрафиолетовые лучи и кислород, а наружу – углекислоту, что ухудшает качество и сокращает срок хранения продукции [11, 12].

Максимальный срок хранения продукции безалкогольной отрасли в ПЭТ называется разный, во многом он зависит от региона, в котором производится розлив. Срок годности минеральных и питьевых вод в ПЭТ упаковке составляет 4–12 месяцев. Есть данные о хранении питьевых вод в ПЭТ упаковке – 24 месяца.

Бутилированная вода для розничного распространения разливается в бутылки объемом 0,25–19,0 л. Проведенный анализ продукции производителей бутилированных вод показал, что потребительская упаковка вместимостью 0,2–5 л изготавливается в основном из полиэтилентерефталата (ПЭТ), а бутыли 19,0 л – из поликарбоната (ПК), но могут быть изготовлены и из ПЭТ.

Поликарбонат – прочный пластиковый материал, в 200 раз прочнее стекла, что дает возможность использовать бутыль многократно. Упаковка имеет значительную стойкость к ударным нагрузкам, но тем не менее отличается низкой износостойкостью. ПК не вступает во взаимодействие с водой и позволяет хранить питьевую воду в течение 12 месяцев с гарантией сохранения первоначального вкуса и запаха воды. Однако поликарбонат способен впитывать посторонние запахи из окружающей среды, поэтому в бутылках из поликарбоната, предназначенных для розлива воды, хранить ничего, кроме воды, нельзя.

Для обоснования сроков и условий хранения минеральных вод во вскрытой упаковке нами был проведен эксперимент по изучению стабильности микробиологических показателей минеральных вод во вскрытой потребительской упаковке различной вместимости.

В качестве объектов исследования в нашей работе были выбраны воды питьевые и минеральные столовые, лечебно-столовые различных гидрохимических типов с минерализацией от 0,1 до 14,0 г/л, расфасованные в потребительскую упаковку.

Для обоснования сроков и условий хранения минеральных вод во вскрытой таре нами был проведен эксперимент по изучению стабильности микробиологических показателей минеральных вод во вскрытой потребительской таре различной вместимости. Для исследования стабильности микробиологических показателей во вскрытой таре воды

минеральные выдерживались в боксе без доступа прямого солнечного света при температуре (25 ± 2) °С.

Исследованы микробиологические показатели минеральных вод различных групп и различной минерализации, в эксперименте исследовались минеральные столовые и лечебно-столовые воды (как газированные, так и негазированные) сложного состава с минерализацией от 0,5 до 10 г/л, разлитые в полимерную тару вместимостью 0,5; 0,75 и 1,5 л. Краткое описание объектов исследования представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Объекты исследования

N п/п	Шифр	Тип воды	Упаковка ПЭТ, вместимость, л	М. г/л	Группа воды
1	1-Б	газ.	0,75 л	5,0–7,5	гидрокарбонатная натриевая
2	2-Б	газ.	1,5 л	4,0–5,3	гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-натриевая, кремнистая
3	6-Б	газ.	1,5 л	0,5–0,9	гидрокарбонатная кальциево-натриево-магниевая
4	8-Б	газ.	1,5 л	6,2–10,0	сульфатно-хлоридная (хлоридная) натриевая
5	9-Б	негаз.	0,5 л	<1,0	гидрокарбонатная кальциево-натриево-магниевая

Установлено, что минеральные воды, расфасованные в бутылки из ПЭТ, после вскрытия на 1–7 сутки хранения при температуре (25 ± 2) °С по изученным бактериологическим показателям (КМАФАнМ) соответствовали требованиям, установленным для минеральных вод. Результаты исследования представлены на рис. 1 .

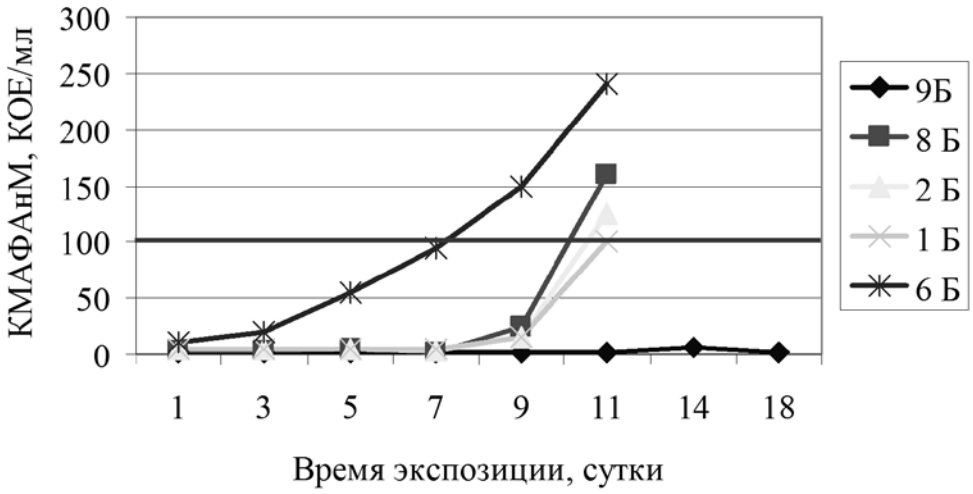


Рисунок 1 – Изменение содержания микроорганизмов в минеральной воде в зависимости от времени ее хранения во вскрытой таре при комнатной температуре

Сравнительные исследования стабильности микробиологических показателей минеральной воды, хранившейся после вскрытия потребительской упаковки при комнатной температуре (25±2) °С и в холодильнике (4±2) °С, проведены на минеральных водах следующих групп: гидрокарбонатная натриевая с минерализацией 6,7 г/л и гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-натриевая, кремнистая с минерализацией 4,3 г/л, расфасованных в ПЭТ-тару вместимостью 0,75 и 1,5 л (рис. 2).

Установлено, что минеральные воды, расфасованные в бутылки из ПЭТ, после вскрытия на 1–9 сутки хранения при температуре (25±2) °С по изученным бактериологическим показателям (КМАФАнМ) соответствовали требованиям, установленным для минеральных вод. Не отмечено роста микробиологических показателей в минеральных водах, хранившихся в холодильнике в течение 18 суток. Результаты представлены на рис. 2.

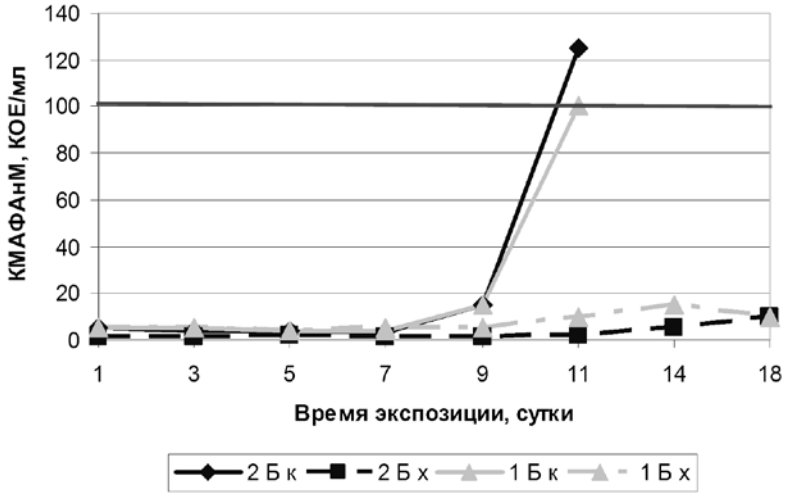


Рисунок 2 – Изменение содержания микроорганизмов в минеральной воде в зависимости от времени ее хранения во вскрытой таре при различных температурах

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что срок хранения минеральных вод во вскрытой таре не зависит от материала тары и ее вместимости, а определяется начальной обсемененностью воды и условиями хранения. Предпочтительными условиями хранения минеральной воды во вскрытой таре является температура (4±2) °С (холодильник), при которой срок хранения может быть разрешен в течение 10 дней. При хранении минеральной воды во вскрытой таре при температуре не выше (25±2) °С срок хранения может быть разрешен в течение пяти дней.

В настоящее время большое распространение получили негазированные питьевые и минеральные столовые воды, разлитые в полимерную упаковку вместимостью 5–19 л. Они предназначены для питья и приготовления пищи, в том числе для организации питьевого режима в учебных заведениях.

В СанПиН 2.4.5.2409-08 в требованиях к организации питьевого режима указано, что питьевой режим в образовательном учреждении может быть организован в следующих формах: стационарные питьевые фонтанчики и вода, расфасованная в емкости. Должен быть обеспечен свободный доступ обучающихся к питьевой воде в течение всего времени их пребывания в образовательном учреждении. При использовании установок с дозированным розливом питьевой воды, расфасованной в емкости, предусматривается замена емкости по мере необходимости, но не реже одного раза в две недели [13].

Нами был проведен эксперимент по изучению стабильности микробиологических показателей вод во вскрытой потребительской упаковке различной вместимости, а также в потребительской упаковке, установленной на установку с дозированным розливом воды. Исследования проведены на воде минеральной природной питьевой столовой, расфасованной в бутылки из ПЭТ вместимостью 1,5 л и бутыли из ПК вместимостью 18,9 л, из одной партии с одной датой розлива. Бутылки и бутыли с минеральной водой вскрывались, отбирались пробы, затем потребительская тара вновь укупоривалась и хранилась без доступа прямого солнечного света при температуре (4±2) °С (холодильник) и (25±2) °С (комнатная) для бутылок из ПЭТ вместимостью 1,5 л, и (25±2) °С (комнатная) для бутылей из ПК вместимостью 18,9 л.

Установлено, что минеральная вода, расфасованная в бутылки из ПЭТ вместимостью 1,5 л, после вскрытия на 1–8 сутки хранения при всех исследованных температурах по изученным бактериологическим показателям (КМАФАнМ) соответствовала требованиям, установленным для минеральных вод. Аналогичная тенденция наблюдалась и для минеральной воды, расфасованной в бутыли из ПК, при хранении при комнатной температуре (рис. 3).

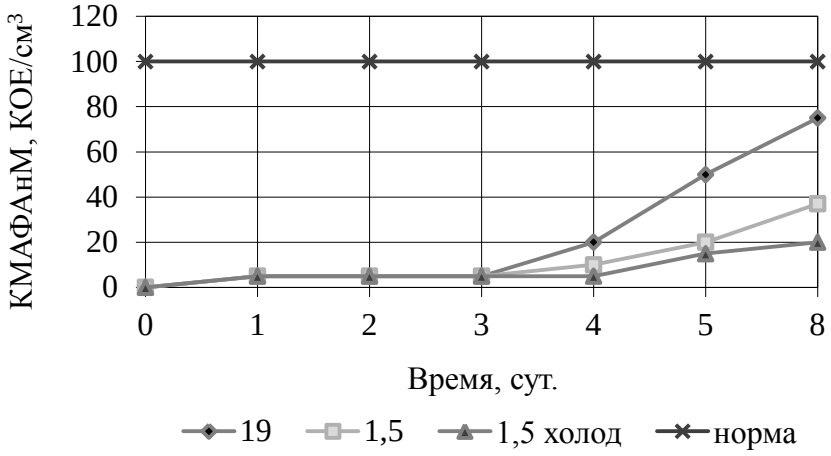


Рисунок 3 – Изменение содержания микроорганизмов в минеральной воде в зависимости от времени ее хранения во вскрытой таре

Для исследования влияния дозирующих устройств на развитие микрофлоры в минеральной воде проведен эксперимент с использованием кулера марки HotFrost (Hot and cold water dispenser), модель V208. Так как кулер длительное время был в эксплуатации, проведена санитарная обработка дозирующего устройства в лабораторных условиях с помощью 1 % растворов лимонной кислоты и щелочи. Для анализа отбирались: смыв из крана холодной воды пробы, далее 1,5 литра воды сливалось и отбиралась проба.

Установлено, что при установке потребительской тары с минеральной водой на установку с дозированным розливом воды (кулер) содержание микроорганизмов в течение первых двух суток эксперимента остается без изменения и соответствует необходимым требованиям, на третьи сутки наблюдается интенсивный рост, и показатель КМАФАнМ превышает рекомендованный уровень (рис. 4).

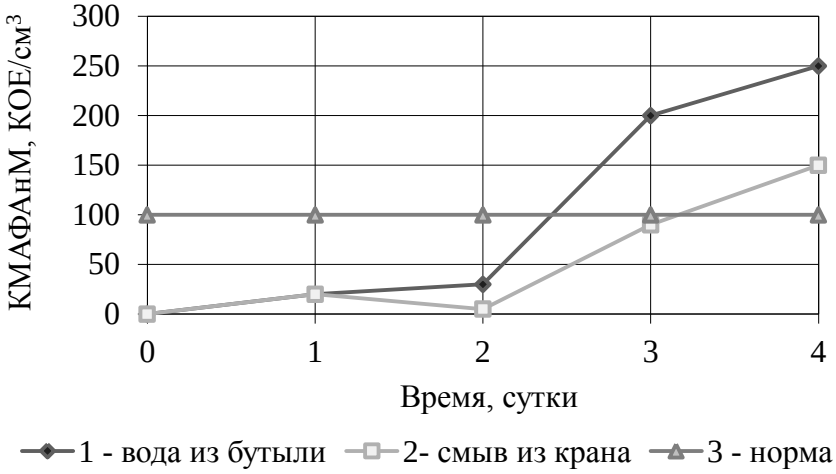


Рисунок 4 – Изменение содержания микроорганизмов в минеральной воде, установленной на дозирующее устройство (кулер), в зависимости от времени эксплуатации

В смыве наблюдалась такая же тенденция, но концентрация микроорганизмов была несколько ниже. В воде появилось значительное количество сарцин (типичные представители воздушной микрофлоры). Вероятнее всего, причиной микробного загрязнения являются конструкционные особенности кулера, что подтверждается исследованиями содержания микроорганизмов в 19 л бутыли из этой же партии, не установленной на кулер, показатели которой были стабильны в течение восьми суток.

Для подтверждения полученных данных проведен повторный эксперимент после профессиональной санитарной обработки кулера с использованием рекомендованных производителем моющих и дезинфицирующих средств.

Установлено, что после профессионально выполненной санитарной обработки содержание микроорганизмов в минеральной воде оставалось практически стабильным и соответствовало рекомендованным требованиям в течение семи дней (рис. 5).

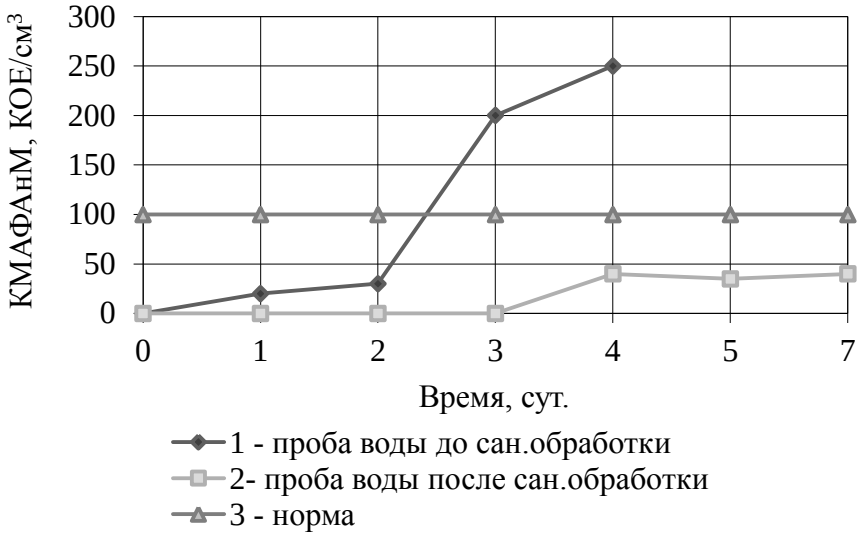


Рисунок 5 – Изменение содержания микроорганизмов в минеральной воде, установленной на дозирующее устройство, в зависимости от времени ее использования до и после санобработки

Для изучения влияния конструкции дозирующего устройства на рост и развитие микрофлоры в минеральной воде нами выбраны следующие конструкции дозирующих устройств: кулер, тилтер (наклонная плоскость), помпа (рис. 6).

а) помпа **б) кулер** **в) тилтер**

Рисунок 6 – Типы дозирующих устройств, использованных в эксперименте

Бутыли с водой были установлены на дозирующие устройства в помещении без доступа прямого солнечного света. Пробы воды отбирались ежедневно после сливания 1,5 л воды. Результаты эксперимента представлены на рис. 7.

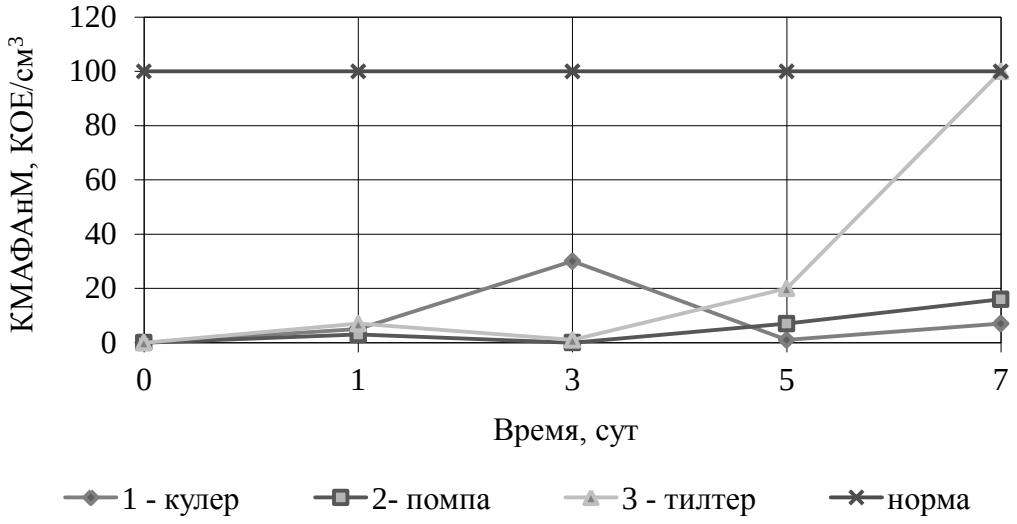


Рисунок 7 – Изменение содержания микроорганизмов в минеральной воде в зависимости от времени ее использования в различных дозирующих устройствах

Показано, что при использовании установки с дозированным розливом воды (кулер, помпа, тилтер) содержание микроорганизмов в течение пяти суток эксперимента соответствует необходимым требованиям.

Таким образом, проведенные исследования показали, что срок годности негазированной воды после вскрытия упаковки также определяется начальной обсемененностью воды и условиями хранения. Рекомендуемый срок хранения питьевой и минеральной воды в открытой упаковке не более пяти суток, вне зависимости от материала тары и вместимости, при соблюдении условий хранения.

Список литературы

1. Chemical compounds and toxicological assessments of drinking water stored in polyethylene terephtalate (PET) bottles. A source of controversy reviewed / C. Bach [et al.] // Water Research. – 2012. – № 46. – P. 571–583.

2. Effect of temperature on the release of intentionally and non-intentionally added substances from polyethylene terephthalate (PET) bottles into water: Chemical analysis and potential toxicity / C. Bach [et al.] // Food Chemistry. – 2013. – 139 (1-4). – P. 672–680.

3. Study on the leaching of phthalates from polyethylene terephthalate bottles into mineral water / S. Keresztes [et al.] // Science of the total environment. – 2013. – 458–460. – P. 451–458.

4. Ceretti, E. Comparative assessment of genotoxity of mineral waterpacked in polyethylene terephthalate (PET) and glass bottles / E. Ceretti, C. Zani, I. Zebrini // Water Resources. – 2010. – 44 (5). – P. 1462–1470.

5. Conditions that regulate the growth of moulds inoculated into botted mineral water / M. V. Criado [et al.] // The International Journal of Food Microbiology. – 2005. – 99 (3). – P. 343–349.

6. Беляева, Л. А. Исследование сохраняющих факторов и идентификация подлинности природной бутилированной столовой воды : дис. … канд. техн. наук : 05.18.15 / Беляева Лидия Александровна. – Кемерово, 2014. – 122 с.

7. СанПиН 2.3.2.1324-03 Гигиенические требования к срокам годности и условиям хранения пищевых продуктов. – М. : Минздрав России. – 2003. – 24 с.

8. МУК 4.2.1847-04 Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. – М. : Минздрав России. – 2004. – 32 с.

9. Севостьянова, Е. М. Методический подход к обоснованию сроков годности минеральных вод / Е. М. Севостьянова // Пиво и напитки. – 2016. – № 6. – С. 10–12.

10. Кондратьева, К. В. Анализ современного состояния стеклотарной промышленности в России / К. В. Кондратьева // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 10-10. – С. 60–63.

11. Исследование свойств ПЭТ-упаковки в процессе эксплуатации / Л. И. Китиева [и др.] // Вестник современной науки. – 2016. – № 4-1 (16). – С. 28–32.

12. Влияние РН-среды и температуры модельной среды на уровень миграции формальдегида из полимерной упаковки для пищевых продуктов / Н. Ж. Кусайнова [и др.] // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2017. – № 3. – С. 387–389.

13. СанПиН 2.4.5.2409-08 Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования. – М. : Минздрав России. – 2008. – 43 с.

УДК 637.1. 628.312.3

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

И. А. Смирнова*, А. К. Какимов**, Е. С. Жарыкбасов**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, Республика Казахстан

Во всем мире обеспечение качества и безопасности пищевых продуктов является приоритетным направлением государственной политики развития аграрного сектора экономики. Среди многочисленных факторов, влияющих на качество и безопасность пищевых продуктов, к одним из основных относится экологическая чистота используемого сырья.

Исследованиями экологической безопасности сырья животного и растительного происхождения как одной из связующих цепочек в биогеохимической пищевой цепи занимаются многие ученые. Большое внимание при этом уделяется тяжелым металлам. Широкий спектр действия тяжелых металлов на организм человека определяет актуальность проблемы загрязнения окружающей среды данными ксенобиотиками. Тяжелые металлы влияют практически на все системы организма, оказывая токсическое, аллергическое, канцерогенное и гонадотропное действие. Значительную опасность при хроническом воздействии, даже в небольших дозах, представляют такие тяжелые металлы, как свинец, кадмий, мышьяк и ртуть [1]. Значительное число научных исследований последних лет посвящено определению тяжелых металлов в молоке и молочных продуктах, исследованию источников поступления токсикоэлементов в молочное сырье, а именно кормовых растений и объектов окружающей среды [2–4].

Наиболее актуальным направлением в настоящее время является проведение новых научных исследований, направленных на снижение содержания токсикоэлементов в готовом продукте в процессе технологической обработки исходного сырья. На основе анализа литературных источников установлено, что содержание токсичных элементов в процессе технологической переработки сырья животного и растительного происхождения не только повышается, но и в отдельных случаях понижается. Основными процессами, влияющими на понижение содержания токсичных элементов, являются механическая, тепловая, физико-химическая обработка исходного сырья [5, 6].

Для понижения содержания токсичных элементов в исходном сырье применяют различные сорбенты природного и искусственного происхождения. Например, для очистки молока от токсичных элементов в качестве сорбирующего вещества был выбран «Полифепан» АО «Сайнтек» – природный полимер растительного происхождения, состоящий в основном из лигнина, структурными элементами которого являются производные фенилпропана [7]. Для понижения содержания токсичных элементов в молочном сырье также применяют такие сорбенты, как порошок полифепана, графена, тетацин-кальция. Способ очистки молока, загрязненного токсичными элементами, включает:

– внесение в молоко-сырье сорбента с выдержкой от 5 до 20 мин (зависит от вида сорбента) при температуре 6 °С при постоянном перемешивании;
– очистку молока-сырья от сорбента центробежным способом на сепараторе-молокоочистителе с холодной очисткой [8, 9].

Среди сорбентов, используемых для очистки объектов окружающей среды и пищевых продуктов, все больше внимания уделяется цеолитам. Обширная информация, опубликованная в различных отечественных и иностранных изданиях за последние 20 лет, показывает, что цеолиты эффективно используются на практике. Цеолиты применяются для очистки от токсичных элементов, в том числе и тяжелых металлов, природных, сточных вод, в сельском хозяйстве в качестве пищевых добавок в корм животных и птиц. В пищевой промышленности цеолиты нашли применение в качестве адсорбентов и катализаторов. Цеолит является эффективным сорбентом для ионов тяжелых металлов [10].

Учитывая перспективность применения цеолита в пищевой отрасли для понижения токсичных элементов в пищевых продуктах, в данной работе поставлена следующая задача: на основе анализа содержания свинца и кадмия в сырьевых ресурсах исследование и разработка технологического способа применения цеолита для понижения токсичных элементов в сырье молочного происхождения.

Методы исследования: для определения содержания тяжелых металлов применен метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой «VARIAN 820-ICPMS».

Объекты исследования: в качестве объектов исследования было выбрано коровье молоко. Для проведения исследований образцы цельного молока были отобраны из семи населенных пунктов двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области (Абайский, Аягозский районы). Эти районы в соответствии с законом РК «О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне», относятся к разным зонам радиационного риска: Абайский район относится к зоне максимального радиационного риска; Аягозский район – к зоне повышенного радиационного риска. Места отбора исследуемых образцов были выбраны также с учетом розы ветров, а именно с территорий, расположенных в юго-восточном направлении со стороны бывшего Семипалатинского ядерного полигона.

На первом этапе исследований проведен анализ содержания ионов кадмия и свинца в сырье молочного происхождения. Результаты исследования представлены на рис. 1.

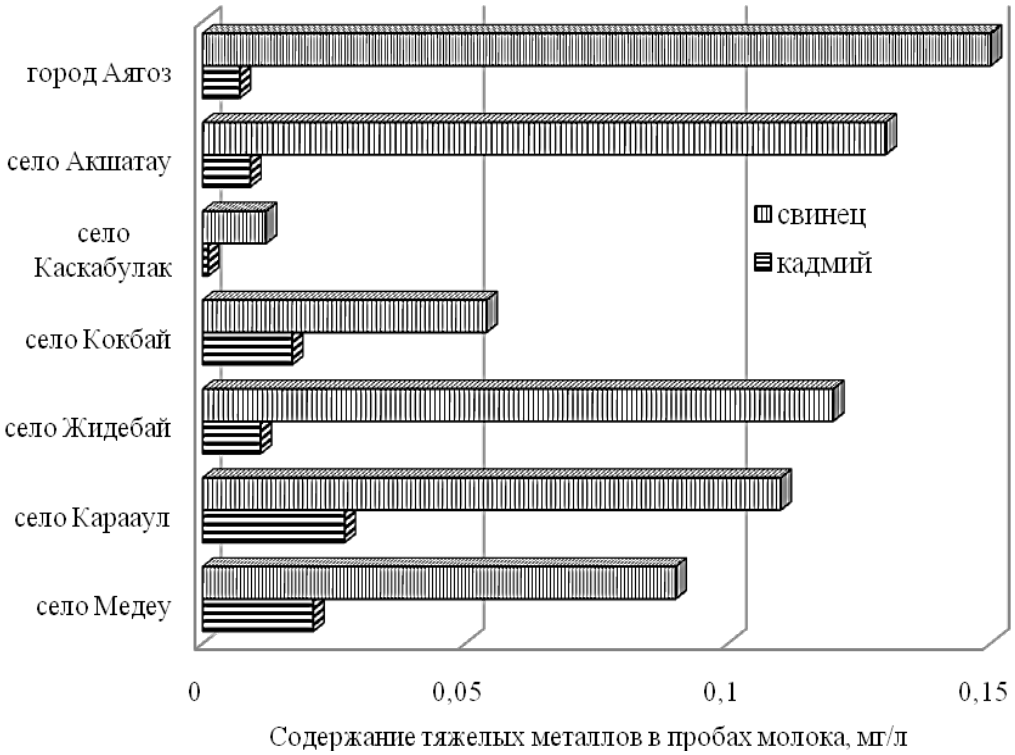


Рисунок 1 – Содержание тяжелых металлов в образцах молока Семейского региона

Как видно из рис. 1, наибольшее содержание свинца, превышающее нормы предельно допустимой концентрации (ПДК 0,1мг/л), наблюдается в селах Жидебай и Карааул Абайского района и в городе Аягоз, селе Акшатау Аягозского района. Содержание же кадмия во всех образцах молока, отобранных с исследуемых регионов, не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК 0,03 мг/л). Наибольшее содержание кадмия (0,027 мг/л) обнаружено в образцах молока, отобранных из села Карааул. Превышение содержания свинца и повышенное содержание кадмия в образцах молока, по-видимому,

связано с загрязнением объектов окружающей среды вследствие захоронения военных отходов на территории бывшего Семипалатинского ядерного полигона, а также с результатами многолетнего использования всевозможного транспорта на исследуемой территории.

На основе анализа содержания свинца и кадмия в образцах молока, отобранных из семи населенных пунктов двух районов Семейского региона Восточно-Казахстанской области, разработана технология переработки молочного сырья с повышенным содержанием ионов свинца и кадмия с применением в качестве сорбционно-фильтрующего материала природного цеолита Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области.

Были проведены исследования минералогического, химического состава исследуемых образцов цеолита. На основании проведенных исследований установлено, что основными составляющими цеолита являются минералы клиноптилолит, кварц и калишпат. По химическому составу цеолит содержит (%): SiO_2 – 73,93; Al_2O_3 – 11,65; CaO – 0,80; K_2O – 4,41; Na_2O – 1,12; MgO – 0,30; Fe_2O_3 – 2,05. Модуль цеолита SiO_2 / Al_2O_3 составляет 6,3 единиц, что определяет его как высокочистый клиноптилолит, характеризируя его как высокоэффективный сорбционный, ионообменный материал.

Для проведения исследований разработан экспериментальный стенд для фильтрации молока. Технологическая схема проведения комплексных экспериментальных исследований процессов фильтрации молока представлена на рис. 2.

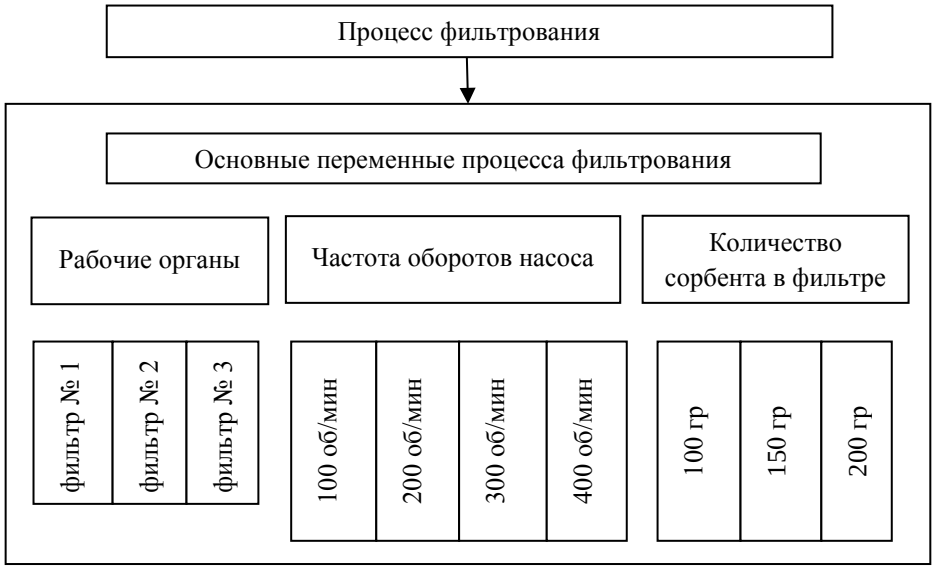


Рисунок 2 – Технологическая схема проведения эксперимента

Для проведения комплексных экспериментальных исследований образцы цельного молока были отобраны в пастбищный период в частных хозяйствах Семейского региона, где молочное сырье характеризуется повышенным содержанием свинца и кадмия. Перед исследованием все образцы молока были смешаны. Для фильтрации молока на экспериментальном стенде были использованы три фильтра, содержащие 100, 150 и 200 г цеолита. Частота оборотов насоса варьировалась от 100 до 400 об/мин. Учитывая, что фильтрация молока с применением цеолита основана на процессе экзотермической адсорбции, экспериментальные исследования были проведены при температуре 18–20 °С как наиболее оптимальной температуре адсорбции [11].

Результаты исследования влияния основных переменных процессов фильтрования на изменение содержания кадмия и свинца представлены на рис. 3 и 4.

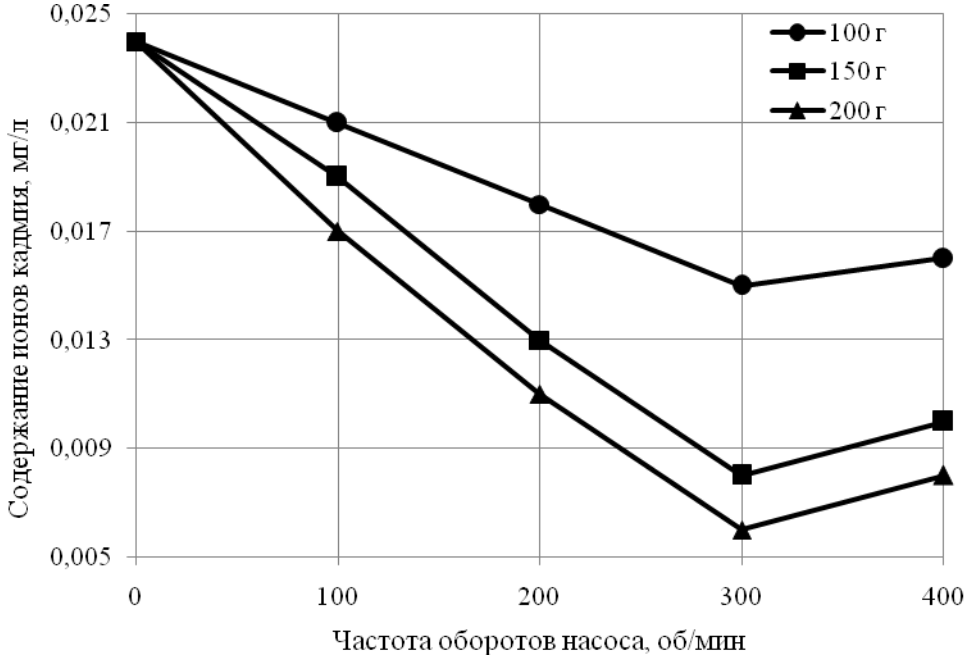


Рисунок 3 – Изменение содержания ионов кадмия в молоке в процессе фильтрации

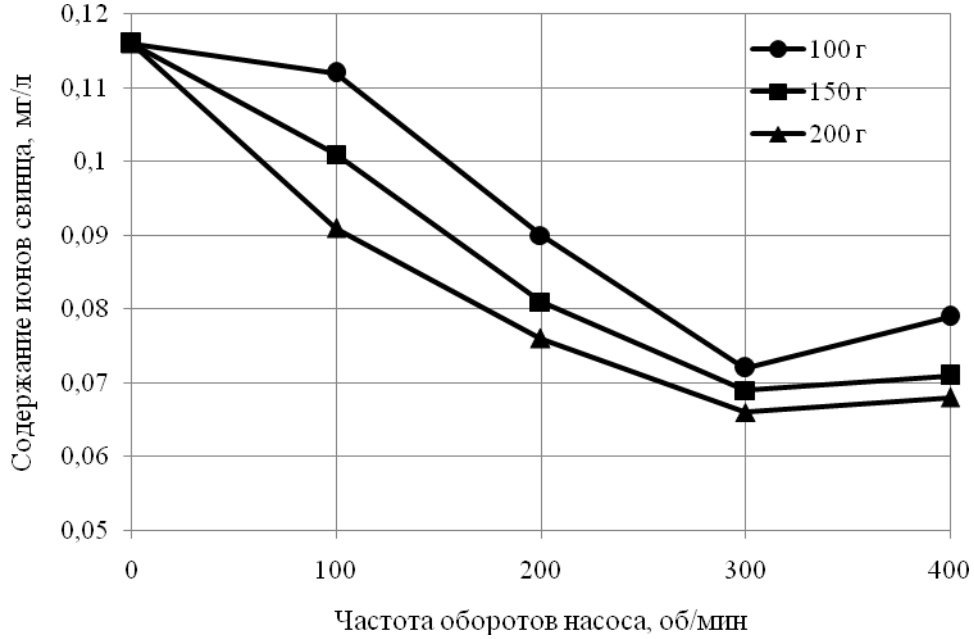


Рисунок 4 – Изменение содержания ионов свинца в молоке в процессе фильтрации

На основании проведенных исследований установлено, что с увеличением объема цеолита в фильтрах содержание исследуемых элементов понижается. Так, в образцах молока содержание кадмия (рис. 3) максимально понизилось от 0,024 до 0,006 мг/л.

Содержание же свинца в образцах молока (рис. 4) уменьшилось от 0,116 до 0,066 мг/л. При этом увеличение числа оборотов насоса фильтрующей установки до 300 об/мин положительно отражается на снижении содержания исследуемых элементов в образцах молока. При увеличении числа оборотов насоса фильтрующей установки до 400 об/мин содержание исследуемых элементов в образцах молока понижается в меньшей степени, чем при фильтрации молока с частотой оборотов насоса фильтрующей установки 300 об/мин.

Влияние увеличения частоты оборотов насоса в фильтрующей установке до 400 об/мин на степень уменьшения кадмия и свинца в образцах молока можно объяснить сокращением длительности контакта цеолита с жидкой фазой молока.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что природный цеолит Тарбагатайского месторождения Восточно-Казахстанской области проявляет сорбционные свойства в отношении ионов кадмия и свинца. Применение же цеолита в качестве сорбционно-фильтрующего материала способствует понижению содержания ионов кадмия и свинца в молоке в процессе фильтрации. К наиболее оптимальным технологическим режимам фильтрации молока, способствующего значительному изменению содержания исследуемых элементов, относятся: температура фильтрации 18–20 °С, частота оборотов насоса 300 об/мин, с фильтром экспериментального стенда, содержащего 200 г природного цеолита.

Список литературы

1. Теплая, Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г. А. Теплая // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – № 1 (23). – С. 182–192.
2. Levels of metals (Cd, Pb, Cu and Fe) in cow’s milk, dairy products and hen’s eggs from the West Bank, Palestine / A. Abdulkhaliq [et al.] // International Food Research Journal. – 2012. – № 19 (3). – P. 1089–1094
3. Farid, S. Heavy metal ions in milk samples collected from animals feed with city effluent irrigated fodder / S. Farid, M. Kaleem Baloch // Greener Journal of Physical Sciences. – 2012. – № 2 (2). – P. 36–43
4. Демиденко, Г. А. Содержание свинца и кадмия в молочной продукции, реализуемой в городе Красноярске / Г. А. Демиденко, В. В. Шуранов // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 9. – С. 163–166.
5. Шапошников, А. А. Распределение токсичных веществ в молочных продуктах / А. А. Шапошников, Н. Г. Габрук // Молочная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 26–28.
6. Че, С. Н. Влияние тепловой обработки на физические показатели и содержание тяжелых металлов в макромицетах / С. Н. Че, В. И. Бакайтис, И. Э. Цапалова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – № 2 (37). – С. 138–143.
7. Забодалова, Л. А. Влияние методов детоксикации на технологические свойства молочного сырья / Л. А. Забодалова, И. Ю. Потороко // Научный журнал НИУ ИТМО «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2011. – № 2. – С. 82–90.
8. Пат. 2441397 РФ, МПК A23L 1/015, A23C 7/04. Способ очистки молока-сырья от токсичных металлов / И. С. Полянская, О. И. Топал. – № 2010129412/13 ; заявл. 15.07.2010 ; опубл. 10.02.2012, Бюл. № 4 – 5 с.
9. Пат. 2327357 РФ, МПК A23L 1/015, A23C 7/04. Способ очистки молока-сырья от кадмия / О. В. Охрименко, Г. Н. Забегалова, Л. Н. Чекулаева. – № 2006118909/13 ; заявл. 30.05.2006 ; опубл. 27.06.2008, Бюл. № 18 – 4 с.
10. Characteristics of heavy metals onto natural zeolite of clinoptilolite type / R. Ghasemi-Fasaei // International Research Journal of Applied and Basic Sciences. – 2012. – № 3(10). – P. 2079–2084
11. Комаров, В. М. Адсорбенты и их свойства / В. М. Комаров. – Минск : Наука и техника, 1977. – 248 с.

УДК 339.564:94(47)

НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ УВЕЛИЧЕНИЯ РОССИЙСКОГО ЭКСПОРТА ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ

Т. А. Сапожникова
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Деиндустриализация экономики России после распада СССР увеличила зависимость отечественного производства, в том числе пищевых отраслей, от импорта зарубежного оборудования, а, с другой стороны, привела к увеличению в структуре экспорта страны доли топливно-энергетических и сырьевых товаров. В этих условиях нестабильность мировых рынков и введение санкций в отношении РФ со стороны западных стран в значительной степени обострили проблему обеспечения устойчивого экономического роста в стране, в том числе проблему устойчивого наращивания экспорта.

Среди отраслей, которые могут выступить в роли локомотива экономического роста в России, важное место отводится пищевой промышленности. В свою очередь в рамках товарных позиций российского экспорта имеются существенные резервы для роста поставок продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья.

Одним из главных рычагов продвижения российской продукции на внешние рынки является программа “Made in Russia”. В значительной степени благодаря именно этой программе продовольственный экспорт в 2016 году вырос на 4 % и составил $17 млрд., превысив экспорт вооружений. Вместе с этим выросла доля продовольствия в российском экспорте: в стоимостном выражении на 7,7 %, в физическом измерении – на 12,8 %. По итогам 2017 года он может составить более $20 млрд. Данный экспорт имеет довольно широкую географию, где ключевыми импортерами выступают Китай, Турция, Египет, Республика Корея, Казахстан [1].

Россия за прошедшие годы нарастила не только экспорт зерна, который по итогам 2017 года составил более 30 млн. тонн, но и других сельскохозяйственных культур и продуктов их переработки. Так, в сезоне 2016/17 экспорт семян подсолнечника вырос в 4 раза, превысив 322 тысячи тонн. Рост объемов производства и переработки подсолнечника уже несколько лет подряд ориентирован в основном на внешние рынки. По данным Oil World, в сезоне 2016/17 Россия экспортировала 2,9 млн. тонн масел и жиров, что на 35 % выше показателей предшествующего сезона, или около 70 % всей произведенной в стране продукции. На долю нашей страны приходится почти 20 % мировых продаж подсолнечного масла или 1,7 млн. тонн. Россия совместно с Казахстаном занимает первое место в мире по экспорту семян масличного льна, посевы которого в России с 2008 года выросли почти в десять раз. Что касается российского экспорта растительных масел, то был дан прогноз относительно его удвоения к 2025 году с нынешних 2,9 млн. тонн до 5,4 млн. и достижения 15% доли на мировом рынке [2]. Сегодня основными направлениями поставок российского масла являются Турция, Китай, Индия, Иран, Саудовская Аравия, ОАЭ, Ливан, Малайзия.

В прошедшем сезоне российские производители сои побили исторический рекорд, благодаря росту посевных площадей и повышению урожайности почти на 10 % - до 14,8 центнера с гектара. В 2016 году была введена заградительная пошлина на соевый шрот и масло. В результате импорт сократился в 10 раз, а объем производства сои вырос вдвое - до трех миллионов тонн. Это открывает новые перспективы и возможности для производителей маслосырья, так как при нестабильности на одном рынке будет осуществлена замена другими масленичными культурами [2].

Несомненно, у нас имеются резервы для роста стоимостных экспортных объемов продовольствия за счет более глубокой переработки первичной сельскохозяйственной продукции, ибо экспортировать гораздо выгоднее более дорогие продукты питания, изготовленные из зерна, сахара, картофеля и т.д. Пока круг экспортируемых товаров в России довольно узок, а государственная поддержка экспорта направлена в основном на ту

категорию продукции, которую мы уже продаем, а не на то, что мы потенциально могли бы продать. На данный аспект обращают внимание многие исследователи [3, 4].

Важную роль в расширении экспорта продовольственных товаров должен сыграть Российский экспортный центр (РЭЦ). 24 ноября 2017 года состоялся пятый экспортный форум «Сделано в России», который проводил РЭЦ. На форуме было заявлено, что федеральные власти предполагают к 2019 году поддержать около 20 % несырьевого экспорта РФ на сумму около $34 млрд. Самые популярные среди специальных программ РЭЦ – поддержка транспортировки товаров до границы РФ и компенсация процентов по коммерческим кредитам. Важными являются также такие меры, как частичная компенсация на сертификацию российской продукции, идущей на экспорт, патентование за рубежом, участие в выставках и деловых миссиях. По итогам 2017 года по сравнению с 2015 годом объем прямой поддержки со стороны РЭЦ должен был вырасти в 2 раза, а в 2018 году - еще на 25 %. При этом количество поддержанных РЭЦ экспортеров в 2018 году увеличится почти в 40 раз к уровню 2015 года. Рост страхового портфеля РЭЦ достигнет 640 млрд. руб., что сравнимо с объемами кредитных портфелей крупнейших институтов развития РФ, а объем кредитно-гарантийной поддержки покажет четырехкратный рост к уровню 2015 года [4].

Для стимулирования экспорта Минсельхозом РФ разработан приоритетный проект «Экспорт продукции агропромышленного комплекса» и принято Постановление Правительства РФ от 13 декабря 2017 г. № 1544 “О внесении изменений в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы”[5]. Согласно этим решениям, кроме поддержки по программам кредитования и консультирования, помощи в позиционировании на зарубежных выставках, было предусмотрено дооборудование лабораторий Россельхознадзора для упрощения работы по выполнению фитосанитарных и ветеринарных требований стран-импортеров, а также увеличение числа иностранных инспекций российских сельскохозяйственных предприятий для их аккредитации на экспортные поставки и расширения доступа продукции АПК на зарубежные рынки. К тому же при Минсельхозе России создан Центр анализа экспорта продукции АПК, который в том числе должен заниматься проведением аналитических исследований рынков зарубежных стран, определением приоритетных направлений и созданием единой информационной системы поддержки агроэкспорта.

Что касается производства пищевой продукции, то в целом ее объем в России оценивается примерно в пять триллионов рублей в год. Отрасль обеспечивает продовольственную безопасность страны и активно наращивает экспорт, который составляет 1,6 трлн. рублей в год. Следует отметить, что за прошедшие годы пищевая промышленность на фоне подешевевшего рубля, с одной стороны, выиграла в доступности своей продукции на зарубежных рынках, но, с другой стороны, столкнулась с дополнительной проблемой, когда пришлось закупать ставшее более дорогим импортное оборудование.

Министр Минпромторга Денис Мантуров заявляет, что необходимо сделать упор на масштабную поддержку экспорта с целью наращивания объема поставок отечественного пищевого оборудования за рубеж в 3,7 раза к 2030 году по сравнению с 2016 годом. Помимо СНГ приоритетными рынками для отечественного пищевого машиностроения станут страны Африки, Ближнего Востока, Южной Америки и Азии. Объем экспорта российских пищевых машин на внешние рынки должен вырасти к 2020 году относительно уровня 2016 года на 44 %, к 2025 году – на 147 %, к 2030 году – на 268 %. При этом доля поставок за пределы СНГ составит 52 % в 2020 году и 70 % - в 2030 году.

Сегодня слабое место отечественного пищевого машиностроения – его относительно низкая технологичность. По мнению директора ВНИИ мясной промышленности им. В.М. Горбатова Андрея Лисицына, из всей подобной продукции лишь 19 % соответствует мировому уровню. Доля затрат на НИОКР в выручке отечественных предприятий пищевого машиностроения по итогам 2016 года составила всего 0,2 % [6]. Одним из препятствий для развития отечественного пищевого машиностроения называют низкий уровень таможенно-тарифной защиты российского рынка. Так, многие виды оборудования, ввозимого на

территорию России, вообще освобождены от ввозных пошлин, а импортные пошлины на комплектующие составляют менее 10 % таможенной стоимости.

Среди недостатков экспортных поставок сельскохозяйственной продукции следует выделить проблемы инфраструктурного обеспечения, которые в 2017 году особенно наглядно проявились при перевозке и экспорте зерна. В данном году в России был собран рекордный урожай зерна (более 130 млн. тонн), и его поставке за рубеж составили более 30 млн. тонн (а в состоянии поставить до 50 млн. тонн). Однако из-за недостатка мест хранения и плохо налаженной логистики наша страна не может увеличить экспорт зерна до тех показателей, которые соответствовали бы ее потенциалу. Дефицит мощностей по хранению зерна у непосредственных сельхозпроизводителей определяет их стремление сбыть зерно сразу после сбора урожая. В результате основной объем зерна вывозится в самый пик сезона, когда оно, как правило, существенно дешевле.

К тому же в 2017 году РЖД не смогли гармонизировать маршруты по перевозке зерна, и нередким явлением было образование пробок на подъездах к портам. В настоящий период зерновые терминалы модернизируются или достраиваются в портах Азов, Ростов, Кавказ, Тамань и Новороссийск. Что касается востока страны, то кроме Забайкальска, где функционирует железнодорожный терминал на поставку зерна в Китай, другие зерновые терминалы отсутствуют.

В России рынки зерна и вагонного парка развивались асимметрично. Сбор зерновых ежегодно рос примерно на 15 %, а вагонный парк последние три года наоборот сокращался. Из обращения выбыло около 3,3 тысячи зерновозов (почти десятая часть парка) на основании указания правительства на списание устаревших вагонов. В этих условиях быстрое масштабное обновление вагонного парка проблематично, в том числе по причине того, что зерновозы стоят достаточно дорого, а правительство субсидировало в основном лишь приобретение в лизинг универсальных вагонов [7].

Журнал «Форбс» в начале марта 2018 года опубликовал рейтинг регионов России по объемам экспорта. Среди этих регионов на ведущих позициях по экспорту пищевой и аграрной продукции оказались такие регионы, как Краснодарский край, Ростовская и Московская области [8].

Проблема расширения общих масштабов экспорта и его диверсификации имеет непосредственное отношение к такому региону, как Кузбасс. Кузбасская экономика характеризуется высокой степенью сырьевой направленности и низкой степенью отраслевой диверсификации. Это обусловливает ее высокую зависимость от нестабильной конъюнктуры мировых товарных рынков. Когда в последний кризис произошло падение цен на сырьевые товары, это привело к падению ВРП региона, общих масштабов экспорта, а также занятости населения и средней заработной платы. В экспорте региона подавляющую долю занимают топливно-энергетические товары (прежде всего уголь), металлы и изделия из них. Так, по итогам трех кварталов 2017 года (январь - сентябрь) на эти статьи в совокупном экспорте приходилось соответственно 80,0 % и 15,1 %; в свою очередь на продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (кроме текстильного) – всего 1,31 %, что существенно меньше даже в сравнении с общероссийскими показателями (5,63 %) [рассчитано по 1]. Подобная картина наблюдается не только в Кузбассе, но и в целом по Сибири. В товарной структуре экспорта Сибири доля экспорта продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья в 2016 году составила только 2,4 %, в то время как доля импорта подобной продукции - 9,5 %. Поэтому развитие здесь сельского хозяйства и пищевой промышленности может стать одним из перспективных направлений в области диверсификации экспорта.

В последние годы значительные успехи показывают кузбасские сельхозпроизводители. В связи с этим наблюдается увеличение экспорта из Кемеровской области продовольственных товаров и сельскохозяйственного сырья. В 2016 году вывоз данной продукции составил $168,43 млн., а только за три квартала 2017 года – $133,158 млн.. Учитывая темпы наращивания экспорта по этой товарной группе, к концу года он может вырасти примерно на 7 %. Данные товары направлялись более чем в 20 стран мира, но около

90 % экспорта приходится на небольшую группу стран – Казахстан, Китай, Беларусь, Латвию, Киргизию, Монголию, Германию.

В число вывозимых товаров входили: кондитерские изделия (34 % стоимостного объёма - 2016 г.), печенье, вафли и прочие хлебобулочные изделия (36 %), водка (9 %), цыплята племенного разведения, яйца кур, мука пшеничная и пшеница, молоко сгущенное, мороженое. В целом все основные товары данной группы являются уже традиционными для экспорта продовольствия из Кемеровской области, а незначительные изменения касаются лишь географии этого экспорта. Наиболее высокая динамика поставок пищевых товаров была характерна для экспорта спиртных напитков, продуктов из какао (шоколада, конфет, халвы), мороженого [9].

Сегодня экономика Кемеровской области в значительной степени зависит от внешнеэкономической деятельности. Наличие сырья – это естественное преимущество Кузбасса, которое надо использовать, чтобы развивать другие отрасли экономики. Увеличение физических и стоимостных показателей экспорта должно сопровождаться перестройкой его товарной структуры в сторону возрастания доли продукции с высокой степенью переработки, в том числе по линии пищевых перерабатывающих производств.

В качестве основных барьеров, мешающих росту российского несырьевого экспорта, и в том числе экспорта продукции пищевой промышленности, следует выделить: неразвитость экспортной логистики; низкий уровень внутренней конкуренции, а вместе с этим и невысокий вклад предприятий малого и среднего бизнеса в ВВП страны; преобладание объемов государственных средств, идущих на поддержку крупных компаний (по преимуществу нефтегазового сектора); бюрократические препоны, связанные с оформлением документов; проблемы сертификации российской продукции, поставляемой на рынки определенных стран; наличие дискриминационных мер со стороны западных правительств в отношении российских компаний как по линии таможенно-тарифных ограничений, так и с позиции доступа к финансовым ресурсам; и другие.

В этих условиях система поддержки экспорта не должна подменять заботу непосредственных производителей, а вместе с ними и отечественных маркетологов о качестве, имидже, упаковке, рекламе, соответствии по массе и т.п. собственных несырьевых продуктов. Конкурентные позиции этих товаров на внешних рынках будут достигнуты только в том случае, когда нашими экспортерами будут учитываться сравнительные характеристики российских товаров с аналогами других стран и множество местных требований, в том числе параметры квот, необходимость приобретения сертификата, предоставление технической и технологической документации, характер упаковки, правила таможенного оформления документов, уровень таможенных пошлин и другие. Даже если в определенных зарубежных странах сложилось хорошее мнение о российских пищевых товарах, как качественных и натуральных (без ГМО), все равно необходимо предусматривать вложения средств в маркетинговую деятельность и позиционировать себя как надежных торговых партнеров.

Наращивание экспортного потенциала страны невозможно без наличия сильной и диверсифицированной экономики. Однако создание такой экономики предполагает формирование комплексного механизма диверсификации экспорта, как в отраслевом, так и географическом аспектах. Уникальное трансконтинентальное положение России в настоящее время используются не в полной мере и можно говорить лишь о большом потенциальном значении географического фактора развития экономического сотрудничества. Географическая диверсификация предполагает постепенное смещение экспорта России в направлении стран АТР и ЕАЭС. Азиатский вектор ориентации внешнеэкономических связей России определяется рядом обстоятельств. Во-первых, Юго-Восточная Азия – это самый быстрорастущий регион мира, а потому можно рассчитывать на увеличение спроса на российские товары. Во-вторых, санкции западных стран могут быть продлены на довольно длительный срок, а в Азии отсутствуют дискриминационные ограничения на торговлю с Россией. В-третьих, более низкий уровень экономического развития многих стран данного региона, а, следовательно, менее жесткие общие экономические правила, нормы и

стандарты, чем в ЕС, расширяют для России поле экономического маневра. В-четвертых, имеются существенные резервы при развитии интеграционного сотрудничества, как в рамках ЕАЭС, так и с государствами ЮВА. Сейчас на востоке функционирует лишь зона свободной торговли России с Вьетнамом, но высказываются намерения создания подобных зон и с другими странами АТР.

После введения санкций со стороны западных стран, президент РФ и премьер-министр усилили свою активность в направлении расширения своих контактов с лидерами азиатских стран, а также в рамках ЕАЭС и СНГ. Итогом этих встреч стало заключение многочисленных соглашений с этими странами по линии продвижения российских товаров на зарубежные рынки и активизации международной деятельности российских компаний (правда, по преимуществу крупных фирм). Вместе с этим важным резервом наращивания несырьевого экспорта, в том числе пищевой продукции является развитие экспортного потенциала компаний малого и среднего бизнеса, а, следовательно, в создание благоприятных условий для развития этого сектора российской экономики.

Таким образом, задача увеличения общих масштабов российского экспорта, и в том числе экспорта продовольственных товаров, непосредственным образом увязывается с решением проблемы диверсификации российского производства (подробнее на этот аспект мы обращали внимание в статье «Диверсификация российского экспорта: необходимость, направления и проблемы» [10]). Выполнение данной задачи потребует серьезной корректировки экономической политики государства в целом, и политики в области регулирования экспорта в частности. Она должна быть способна преодолеть деструктивное влияние тех барьеров, которые стоят на пути развития отечественного производства и экспорта, создать благоприятные условия для инвестиционной активности представителей разных форм собственности и предусмотреть возможности и интересы государства, бизнеса и широких слоев населения.

Список литературы

1. Федеральная Таможенная Служба России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.customs.ru/.

2. Лабыкин, А. Подсолнечник теряет позиции / А. Лабыкин // Эксперт. – 2017. – №46 (1052). – С. 22–23.

3. Рау, В. В. Российский продовольственный экспорт: тенденции, возможности, приоритеты / В. В. Рау // Проблемы прогнозирования. – 2017. – №4(163). – С. 94–102.

4. Морозова, Е. Экспортеров поддержат более гибко / Е. Морозова // Эксперт. – 2017. – №50 (1056). – С. 30–31.

5. Постановление Правительства РФ от 13 декабря 2017 г. № 1544 “О внесении изменений в Государственную программу развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы”// Собрание законодательства Российской Федерации, 2017, № 4, ст. 653; № 15, ст. 2227; № 32, ст. 5083; № 47, ст. 6984.

6. Кудияров, С. Шанс для мясорубки / С. Кудияров // Эксперт. – 2017. – № 51 (1057).– С. 21–22.

7. Эксперт. – 2017. – №44 (1050). – С. 7.

8. Рейтинг регионов по экспорту. Что и на какие суммы продают Москва и Краснодар [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.forbes.ru/rating-photogallery/335267-reyting-regionov-po-eksportu-chto-i-na-kakie-summy-prodayut-moskva-i.

9. Москвикин, З. М. Своя еда / З. М. Москвикин // Областной экономический еженедельник «Авант-ПАРТНЕР». – 2016. – № 16 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://avant-partner.ru/partner/6626.html.

10. Сапожникова, Т. А. Диверсификация российского экспорта: необходимость, направления и проблемы / Т. А. Сапожникова, О. Э. Брезе, Л. В. Менх // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 9 (ч. 3). – С. 68–71.

УДК 641.561

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО РЫНКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ

З. Р. Ходырева, Ю. В. Угарова, Е. М. Щетинина, М. А. Вайтанис
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

В последние несколько лет среди населения возрастает интерес к здоровому образу жизни. Все большее людей проводят свое свободное время, занимаясь спортом. Этому способствуют и увеличение количества спортивных клубов в районах и городах Алтайского края. Так, например, в рамках губернаторской программы к 80 летнему юбилею края построены и открыты новые современные спорткомплексы. Актуализация здорового образа жизни способствует увеличению рынка продуктов для спортивного питания, дополняющих эффект полученных физических нагрузок. В этой связи значимо инновационное развитие отечественных товаропроизводителей с учетом современных трендов. Разработка, производство и продвижение на рынок инновационных продуктов для спортивного питания отечественных предприятий пищевой промышленности связано с развитием смежных отраслей и сфер, таких как биотехнология, нанобиотехнология, исследований физиолого-адаптационных возможностей организма человека в экстремальных условиях и современных разработок в медицине [1].

Основной причиной возникновения продуктов спортивного питания, как отдельной продовольственной группы, является невозможность компенсировать существенные суточные энергозатраты спортсменов и связанный с ним расход пластических веществ путем использования традиционных блюд из ежедневного рациона, даже характеризующихся высокой биологической ценностью [2, 3, 4].

Основная масса реализуемых на современном рынке продуктов для спортивного питания – это изотоники, жидкости, имеющие осмотическое давление, как у плазмы крови. К базовому питанию относятся гейнеры – белково-углеводные коктейли, мультикомпонентные смеси, жидкие шейки и протеиновые батончики. На рынке представлены широко продукты на основе молочных белков, способствующих улучшению спортивных результатов и росту мышечной массы. Наибольшая доля (до 85 %) приходится на продукцию зарубежных производителей. Основными потребителями спортивного питания являются те, кто занимается фитнесом, бодибилдингом (от 85 % до 90 %), и профессиональные спортсмены (10 % до 15 %) [5, 6].

Большой популярностью в настоящее время пользуются биологически полноценные комбинированные продукты, отвечающие требованиям науке о питании. Такие продукты имеют сбалансированный состав за счет комбинирования сырья животного и растительного происхождения. Они сочетают потребительские свойства традиционных продуктов и позволяют организовать безотходное производство с рациональным использованием дорогостоящего молочного белка. Однако в нашей стране объем выпуска и ассортимент таких продуктов недостаточен. В этой связи актуальны исследования, направленные на разработку и создание комбинированных продуктов питания для населения, занимающегося спортом и ведущего активный образ жизни [7, 8, 9].

Изучение потребительских предпочтений является одной из приоритетных задач маркетинговой деятельности предприятия в условиях высококонкурентного рынка и основой его инновационного развития [10, 11]. Исследования потребительского спроса, выявление потребительских предпочтений могут служить инструментами для проектирования рационального ассортимента, разработки стратегии продвижения инновационных продуктов на рынок и, как следствие, повышения эффективности деятельности предприятия.

С целью выявления предпочтений потребителей г. Барнаула в отношении продуктов спортивного питания проведено маркетинговое исследование. Сбор информации проводился методом анкетирования. Было опрошено 400 человек, из них 73,0 % – мужчины, 27,0 % –

женщины. Наибольший удельный вес среди опрошенных составили спортсмены, занимающиеся бодибилдингом (57,5 %), пауэрлифтингом (22,0 %), это обусловлено тем, что подавляющее большинство опрошенных – мужчины (73,0 %), среди которых данные виды спорта наиболее популярны.

Большая часть респондентов (58,5 %) являются потребителями продуктов спортивного питания. 70,9 % респондентов считают, что потребление спортивного питания является обязательным при стремлении к серьезным результатам. Выявлено, что употребляют постоянно с увеличением дозировки при подготовке к соревнованиям 47,9 % респондентов; регулярно употребляют без увеличения дозировки при подготовке к соревнованиям 37,6 %; употребляют только в период подготовки к соревнованиям 8,5 %; от случая к случаю – 6,0 % респондентов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что спортсмены, принявшие участие в опросе, принимая продукты спортивного питания, видят ощутимый результат. Продолжительность употребления составляет до трех лет (88,0 %), что коррелирует с результатами опроса о длительности тренировочного процесса.

Большая часть опрошенных тратит на продукты спортивного питания до 1 000 рублей (53,0 %). Установлено, что 64,1 % респондентов устраивают затраты на продукты спортивного питания, 30,0 % – хотели бы их увеличить, но не имеют возможности, 5,9 % – планируют в будущем тратить больше. Группа респондентов, планирующих тратить больше (5,9 %), – это потенциальные потребители новых продуктов спортивного питания.

В результате исследования выявлено, что 85,5 % респондентов можно отнести к лояльным потребителям спортивного питания, на которых не влияют внешние факторы (например, недостаточный уровень дохода), 14,5 % – к потенциальным потребителям новых продуктов спортивного питания в случае реализации грамотной политики продвижения новых продуктов на рынок.

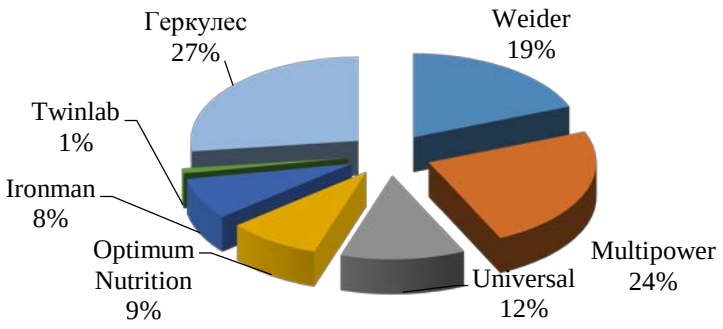


Рисунок 1 – Наиболее известные марки спортивного питания

На отечественном рынке спортивного питания выявлено доминирование продуктов спортивного питания иностранных производителей (торговых марок) над российскими. Процентное соотношение наиболее знакомых потребителю марок представлено на рисунке 1. Такое преимущество обусловлено тем, что в России производители спортивного питания еще не заслужили должного доверия потребителей в отличие от зарубежных.

При оценке влияния внешней информации на респондентов было установлено, что в основном на выбор и приобретение спортивного и специализированного питания оказывают влияние тренер, друзья и реклама.

Среди спортсменов есть и такие, которые страдают хроническими заболеваниями, включая целиакию. В процессе анкетирования, как со стороны тренерского состава, так и спортсменов было отмечено о недоступности продукции без лактозы и глютена для ежедневного адекватного питания вне тренировочного процесса. В этой связи актуально разработка, производство и продвижение на рынок продуктов спортивного питания для особых категорий спортсменов.

Целиакия – это заболевание относится к хроническим и характеризуется поражением глютеном слизистой оболочки тонкой кишки. Глютен относится к растительным белкам

злаковых. В Финляндии 1 больной на 130 человек, в Италии 1:100, в Венгрии 1:184, в Испании 1:389, в США 1:133. Единственный признанный метод лечения целиакии – переход на безглютеновую диету, поддержание которой от 3 до 5 лет снижает риск смерти. Возникает необходимость использования при производстве сырья, учитывая содержание глютена и руководствоваться Codex Alimentarius 118, в соответствие с которым, к безглютеновым можно отнести продукты с содержанием глютена менее 20 мг/кг продукта. Традиционно безглютеновое сырье – рисовая, гречневая, кукурузная мука, выступает как источник клетчатки, растительного белка, витаминов и микроэлементов [3, 11, 12, 13, 14].

Ассортимент молочных продуктов для данного сегмента в настоящее время недостаточен. Большие перспективы открываются при разработке специализированных продуктов в результате использования природного баланса молочного и растительного сырья. Большая часть спортивных рационов предусматривает употребление молока с низким содержанием жира и кисломолочных продуктов. Они служат для коррекции пищевого рациона, восполнения дефицита организма человека необходимыми веществами.

На кафедре «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО АлтГТУ разрабатываются новые специализированные продукты на основе молока, растительного сырья и других компонентов. Разработаны кефирный напиток с обжаренной гречневой мукой, творожный пудинг с обжаренной гречневой мукой и ядром подсолнечника, низкокалорийное мороженое, фруктовые соусы и взбитые десерты. В основу рецептур легли обоснованные предпочтения опрошенных респондентов, занимающихся спортом и ведущих активный образ жизни [1, 2, 5, 7, 15, 16].

Кисломолочные напитки смешанного брожения соединяют в себе достоинства традиционного кефира и достоинства гречневой муки и растительного протеина - питательного и полезного продукта. В процессе сквашивания молока кефирными грибками, которые являются симбиотическим продуктом, молочнокислые бактерии питаясь лактозой, снижают её содержание в среднем до 4 %.

Освоение технологии производства этого продукта позволит производителям своевременно занять место на российском рынке молочной продукции и в сегменте продуктов специализированного питания.

Пищевая и энергетическая ценность кефира с гречневой мукой массовой долей жира 1 % представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Пищевая и энергетическая ценность кефирных напитков

Наименование показателя	Значение показателя
	кефир, 1% с гречневой мукой
Белки, г	3,07
Жиры, г	1,18
Углеводы, г	11,11
Энергетическая ценность, ккал	67,34

Из данным представленных в таблице 1 видно, что количество жизненно важных элементов, не только для спортсменов, но и для всех людей в целом, а именно белков и углеводов в углеводно-белковом напитке для спортивного питания, значительно выше, чем в традиционном кисломолочном напитке – кефире, а, следовательно, энергетическая, пищевая и биологическая ценность напитка сравнительно с кефиром намного больше, что придает не только кисломолочный и приятный гречневый вкус, аромат и полезную микрофлору для кишечника человека, но и снабжает необходимыми энергетическими запасами, израсходованными во время физической нагрузки и полезно действует на весь организм в целом, что особенно важно для людей, ведущих активный образ жизни.

Молочные и творожные десерты, а в частности пудинги популярны среди населения и являются частым объектом разработки новых композиций для их обогащения. Происходит

постоянный поиск наиболее полноценного состава, который бы способствовал улучшению органолептических, физико-химических показателей.

Учитывая предпочтения опрошенных респондентов по отсутствию в пищевом рационе глютена и лактозы, проведен анализ ассортимента ежедневно потребляемых блюд. Творог и блюда на его основе, являются одними из самых часто потребляемых спортсменами. Для корректировки рецептуры с целью обогащения витаминами, полиненасыщенными жирными кислотами и минеральными веществами, была выбрана рецептура пудинга творожного.

В качестве загустителя и структурообразователя в базовой рецептуре использовали крупу манную. Таким образом, была осуществлена возможность её замены на такие растительные компоненты, как обжаренная гречневая мука и обжаренное и измельченное ядро подсолнечника.

В таблице 2 представлены органолептические показатели пудинга творожного, обогащенного гречневой мукой и пудинга по стандартной рецептуре, который является контрольным, чтобы можно было оценить изменения, произошедшие после добавления обогащения.

Таблица 2 – Органолептические показатели

Наименование показателей	Характеристика продукта	
	Пудинг контроль	Пудинг обогащенный
Внешний вид и консистенция	порционные кусочки подрумянены, без трещин и подгорелых мест, консистенция: однородная, нежная, с вкраплениями изюма	порционные кусочки подрумянены, без трещин и подгорелых мест, консистенция: однородная, более нежная, с вкраплениями измельченного обжаренного ядра подсолнечника
Вкус и запах	свойственный продуктам, входящим в блюдо, выраженный, молочный	свойственный продуктам, входящим в блюдо, выраженный, молочно-злаковый с ореховым ароматом
Цвет	корочки – золотисто-желтый, на разрезе – белый с коричневыми вкраплениями изюма	корочки – золотисто-желтый, на разрезе – белый с коричневыми вкраплениями измельченного ядра подсолнечника

Проведенные органолептические тесты показали, что обогащенный гречневой мукой и обжаренным ядром подсолнечника творожный пудинг стал более нежным по консистенции, с выраженным молочно-злаковым вкусом и ореховым ароматом.

Добавленные растительные компоненты взамен манной крупы улучшили не только вкус и аромат, но также, увеличилось содержание белков, жиров и углеводов, причем сумма моно- и дисахаридов уменьшилась, а крахмала стало больше. Энергетическая ценность незначительно увеличилась, стало больше кальция, фосфора, железа, магния, B_1, B_2, PP. Не изменилось содержание насыщенных жирных кислот, холестерина, органических кислот, натрия, калия, витаминов А, С, β-каротина.

Таким образом, в результате проведенных исследований дано научное обоснование компонентного состава молочных продуктов и блюд для специализированного питания. Использование общедоступных растительных компонентов позволит расширить ассортимент питания спортсменов и людей, осознанно отказавшихся от потребления глютена и лактозы.

Список литературы

1. Ходырева, З. Р. Разработка технологии мороженого с растительными компонентами [Текст] / З. Р. Ходырева. – Вестник Алтайской науки. – 2013. – № 3. – С. 267–270.

2. Щетинин, М. П. Кисломолочные напитки смешанного брожения [Текст] / М. П. Щетинин, З. Р. Ходырева, А. В. Томас. – Молочная промышленность. – №2. – 2013. – С.70-72.

3. Экспертиза пищевых продуктов. Качество и безопасность: учебное пособие / Л. А. Маюрникова, В. М. Позняковский, Б. П. Суханов [и др.]; под общ. ред. В. М. Позняковского. – СПб.: ГИОРД, 2016. – 448 с.

4. Ходырева, З. Р. Технология мороженого с гречневой мукой / З. Р. Ходырева // Современные проблемы здорового питания. Инновации и традиции: Сборник статей и докладов международной научно-практической конференции (11-12 ноября 2014 года) / Под ред. Л. А. Козубаевой, А. С. Захаровой и др.; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2014. – С. 78–80.

5. Щетинин, М. П. Разработка новых видов соусов на основе крупяных продуктов / М. П. Щетинин, З. Р. Ходырева // Вестник алтайской науки. – 2015. – №1(23). – С. 497–501.

6. Щетинин, М. П. Расширение ассортимента продуктов для специализированного питания / М. П. Щетинин, З. Р. Ходырева // Вестник Алтайской науки. – 2013. – № 2-1. – С. 58–61.

7. Ходырева, З. Р. Кисломолочный напиток обогащенный для спортивного питания / З. Р. Ходырева // Ползуновский вестник. – 2013. – № 4-4. – С. 215–218.

8. Ходырева, З. Р. Применение крупяной муки при производстве безглютеновых молочных соусов / З. Р. Ходырева, М. А. Вайтанис // Современное состояние, перспективы развития молочного животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы международной научно-практической конференции (7-8 апреля 2016 г). – Омск: ЛИТЕРА. – 2016. – С. 376–378.

9. Красильников, В. Н. Люпин: создание продуктов питания функционального назначения, вклад в обеспечение продовольственной безопасности сырья / В. Н. Красильников // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2015. – № 8. – С. 43–49.

10. Угарова, Ю. В. Особенности моделирования товародвижения в условиях инновационного развития сферы питания / Ю. В. Угарова, С. В. Новоселов // Инновационные технологии в пищевой и перерабатывающей промышленности: электронный сборник материалов I Международной научно-практической конференции, 20-22 ноября 2012 г. – Краснодар: Изд. КубГТУ, 2013. – 880 с. – С. 701–705. [Электронный ресурс]. – доступа:http://kubstu.ru/data/celist/CE1627.pdf.

11. Угарова, Ю. В. Выявление факторов, формирующих потребительские свойства продовольственных товаров на этапе производства / Ю. В. Угарова, Е. Н. Болховитина, С. В. Новоселов. – Ползуновский вестник. – 2010. – № 4-2. – С. 26–31.

12. Практическое руководство – целиакия // Всемирная организации гастроэнтерологов. – Милуоки, 2005. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.worldgastroenterology.org/guidelines/global-guidelines/celiac-disease.

13. Шнейдер, Д. В. Разработка безглютеновых пищевых ингредиентов повышенной биодоступности / Д. В. Шнейдер // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2012. – № 9. – С. 50–52.

14. Musina, O. N. An approach to the choice of alternatives of the optimized formulations / O. N. Musina, P. A. Lisin // Foods and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3. – № 2. – P. 65–73. DOI: 10.12737/13120.

15. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: A case study / O. Musina [et al.] // Trends in Food Science & Technology. – 2017. – Vol. 64. – P. 48–59. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.03.011.

16. Health-promoting benefits of low-fat akawi cheese made by exopolysaccharide-producing probiotic Lactobacillus plantarum isolated from camel milk / A. S. Al-Dhaheri [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2017. – Vol. 100. – Issue 10. – P. 7771–7779.

УДК 339.13

МАРКЕТИНГОВЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИЙ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В. Г. Шадрин*, А. А. Муратов**
*Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия
**Костанайский инженерно-экономический университет имени М. Дулатова, г. Костанай, Республика Казахстан

Внедрение инноваций рассматривается как фундаментальный фактор для компаний, стремящихся повысить конкурентоспособность и добиться успеха на рынке. Однако для того, чтобы компания выиграла от этого, инновации должны быть приняты и приобретены потребителями. Сегодня только небольшой процент новых продуктов распространяется и принимается потребителями. Данное утверждение применимо и к продовольственному рынку. Меняется конкурентная среда, предпочтения потребителей, технологии и условия изготовления продуктов питания, в технологический оборот вовлекаются новые виды сырья и ингредиентов, в том числе созданные на основе инновационного подхода к потреблению и производству продуктов питания. Как показывает мировая практика инновации весьма актуальны и в сфере производства продуктов питания и даже позволяют формировать новые рынки, опережающие по темпам потребления рынки традиционных продуктов питания.

Рассмотрим функциональные особенности инноваций пищевых продуктов. К основным функциям инновации обычно относят:

1. Преобразующую функцию, которая состоит в том, что инновации трансформируют теорию и практику в выделенной сфере исследований, осуществлять научные разработки и применять их с выгодой для заинтересованных аудиторий. При последующем распространении, успешные инновации способны изменить хозяйственный уклад и направление экономического развития в отдельной стране, группе стран одного технологического уровня или в мире в целом. Данная функция присуща для пищевых продуктов не только при производстве новых продуктов питания, но и интеграции хозяйствующих субъектов, образовательных и исследовательских организаций, малых инновационных предприятий для интенсификации внедрения научных разработок в практику.

2. Стимулирующую функцию, которая реализуется в том, что инновации способствуют развитию человеческого капитала и науки в стране благодаря материальной мотивации всех участников инновационного процесса. Инновации поощряют интеллектуально насыщенный труд вне зависимости от сферы приложения ума и способностей. Применительно к инновационной активности находит свое подтверждение тезис о том, что творческим бывает не столько вид деятельности как таковой, сколько отношение человека к своему труду. [1] В сфере инновационных пищевых продуктов основной стимул имеет двунаправленный характер и заинтересовывает как производителей, в том числе сточки зрения маркетинга (успешное сегментирование и позиционирование инновационной продукции, уход от конкурентной борьбы в низкомаржинальном массовом сегменте рынка пищевых продуктов), так и государство для совершенствования систем мониторинга безопасности пищевой продукции и здоровья населения.

3. Воспроизводственную функцию, заключающуюся в том, что инновации являются фундаментов экономического роста и меняют отраслевой и видовой состав народного хозяйства на высокотехнологичные и соответствующие не только внутреннему, но и внешнему спросу и потреблению. На сегодняшний момент основные инновационные разработки сосредоточены в обрабатывающих отраслях индустриально развитых стран мира, в инвестиционных и потребительских секторах экономики, чья конечная продукция - производственное оборудование и технически сложные потребительские товары. Наряду с этим, высокие темпы инновационной динамики демонстрируют отрасли сферы услуг, связанные с обработкой информации, передачей данных и созданием программного

обеспечения. Что касается пищевых продуктов, то воспроизводственная функция находит свое подтверждение в таких направлениях как: разработка и внедрение новой рецептуры, увеличение срока реализации, обработки и переработки пищевых продуктов, технологии производства, упаковки и т.д.

4. Социальную функцию, подтверждающую неразрывность двусторонней связи экономических процессов и факторов общественной жизни. Посредством инноваций в сторону повышения комфортности, изменяется среда обитания и повышается качество жизни. Для продуктов питания данная функция имеет ключевое значение, так как именно рациональное питание, создание продуктов нового поколения позволит решить проблему продовольственной безопасности, обеспечения населения качественными продуктами питания, снизить риски возникновения заболеваний, улучшения психического и физического состояния, в том числе для работников, осуществляющих свою деятельность в особых условиях. Необходимым условием признания успеха инновационного решения в настоящее время рассматривается также его экологическая чистота.

Для реализации условий по стимулированию инноваций в пищевой промышленности и поддержания конкурентоспобности отечественных предприятий на внутреннем и внешних рынках Правительством РФ распоряжением № 1364-р от 29.06.2016 года утверждена «Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года». Основной целью стратегии заявлено реализация задач в области повышения качества пищевых продуктов, повышения качества жизни и интенсификация спроса и предложения на современные, качественные продукты питания.

Стоит особо выделить такие задачи, в рамках реализации стратегии, как:

– создание механизмов стимулирования производителей к производству пищевой продукции на основе принципов здорового питания;

– обеспечения возможностей и условий производства инновационной продукции питания с заданными характеристиками качества;

– продвижение принципов здорового питания [2].

Как можно увидеть, основной аспект среди функциональной, специализированной и обогащенной пищевой продукции делается на функциональные пищевые продукты или ФПП. Данное направление уже показало свою актуальность во многих странах для обеспечения населения продуктами нового поколения, не являющимися лекарственными средствами, но сохраняющие и улучшающие здоровье людей. Лидером данной индустрии является Япония, где около 50 % от всего производимого в стране ассортиментного перечня продуктов питания приходится на функциональные пищевые продукты, достаточно большая доля рынка приходится на США, Великобританию, Германию, Францию, а общая мировая емкость данного рынка оценивается примерно в 70 миллиардов долларов[3].

В Российской Федерации также отмечается рост производства инновационных продуктов питания, в том числе функциональных, но в основном оно сконцентрировано на производственных мощностях крупных зарубежных транснациональных компаний, ведущих свою деятельность в России, например, Nestle, Danon, Valio и другие. При этом, многими исследователями и экспертами отмечается, что интенсивный рост инновационных продуктов питания возможен только при качественном и продуманном использовании маркетинга, как основной составляющей экономических аспектов производства и реализации инновационных пищевых продуктов. Поэтому интересно проанализировать действующую проблематику маркетинговой составляющей инновационных продуктов питания за рубежом и, как зрелого рынка данных товаров, и сравнить ее с российской.

Анна Ясиулевич и Маржена Леманович (Anna Jasiulewicz. Marzena Lemanowicz) исследуют вопросы, касающиеся мотивов и барьеров для потребления инновационных продуктов питания. Многочисленные аспекты определяют адаптацию новых продуктов на продовольственном рынке, включая характеристики самой инновации, потребительские характеристики, характеристики окружающей среды (например, социальную систему), а также социальная коммуникация и маркетинг. Все эти аспекты могут выступать в качестве

барьеров для потребления инноваций или побуждать потребителей попробовать его. Авторами было проведено исследование потребителей в Восточной Европе и было выявлено, что основной мотив – это забота о своем здоровье, а также употребление высококачественной пищи как атрибута современного образа жизни. Среди барьеров в большей степени отмечается высокая цена, недостаток информации и продукте и слабая торговая доступность инновационных пищевых продуктов, что отличает данных потребителей от потребителей Японии и США с развитыми рынками инновационных продуктов питания [4].

Бен Лоу и Фрэнк Алперт выявили, что характеристики инновационных продуктов в значительной степени определяют, имеют ли потребители положительное или отрицательное отношение к ним, также данными авторами были рассмотрены инновационные пищевые продукты через такие составляющие как упаковка, цена, вкус и общий внешний вид [5].

Р. Плинер и К. Хобден обнаружено, что потребители пользуются широким ассортиментом продуктов, которые обладают инновационными качествами и полезны для потребления. Однако потребители рассматривают некоторые инновации с неодобрением и подозрением. Компании, предлагающие на рынок инновационные продукты, сталкиваются с неофобией, что является необоснованным страхом, страхом перед неизвестным или чем-то новым, и выражается там, где речь идет о пищевых продуктах. Продовольственная неофобия может быть определена как «феномен избежать новых, неизвестных продуктов». Учеными был разработан тест, на основании которого были изучены потребители пищевых продуктов для выявления признаков пищевой неофобии. В результате было выявлено, что неофобия тесно коррелирует с психологическими особенностями личности, возрастом и опытом потребления продуктов питания, при этом отсутствует корреляция с гендерной принадлежностью [6].

М. Дамсбо-Свендсен, МБ. Фрёст и А. Ольсен продолжают приведенное выше исследование и разрабатывают новые, обновленные инструменты для измерения неофобии пищевых продуктов и готовности попробовать незнакомые продукты питания, в первую очередь у детей 9-13 лет. Как показывает практика потребители, обладающие качествами новаторов в своих социальных группах, играют важную роль в преодолении неофобии. Как люди, которые владеют глубоким пониманием инноваций на рынке и готовностью к общению, новаторы влияют на формирование отношения потребителей к другим новым и инновационным продуктам питания. Оснащение инновационных продуктов атрибутами, необходимыми для принятия потребителями, может помочь в их адаптации [6].

Кэролайн Ланселот Милтген, Гаэль Пантин Сойер и Бьянка Громанн в своих работах рассматривают влияние упаковки пищевых продуктов на сенсорные ожидания потребителей и воспринимаемой новизны продукта. Рассматривается, насколько потребители используют типичность продукта, графические представления и типичность упаковки при оценке новых продуктов питания. Показано, что типичный вкус вызывает более позитивные ожидания от приятности, вкуса, цвета и запаха, а наличие графического изображения на этикетках продуктов увеличивает воспринимаемую приятность, но не влияет на сенсорные ожидания. В другом авторском исследовании указано, что продукт кажется более новым при отсутствии упаковки (только маркировка), но когда упакована упаковка продукта, нетипичный пакет передает больше новизны, чем типичный пакет. Эти результаты дают практические рекомендации по разработке и внедрению инновационных пищевых продуктов [7].

К. Морган занимается исследованиями в области корпоративной социальной ответственности предприятий, занимающихся производством и реализацией продуктов питания. Выявлено, что наибольшее влияние на потребителей оказывают мероприятия в области безопасности продуктов питания и их способности для здорового питания, инновационность и связь с новейшими достижениями в области биотехнологии и переработки пищевого сырья. Также проводятся крупные межнациональные исследования, в которых анализируется влияние требований корпоративной социальной ответственности на

выбор потребителями продуктов питания, касающиеся социальной и экологической ответственности, и в случае, если пищевой продукт конкретной компании имеет широкую осведомленность, проникновение и доверие потребителей, то требования, например, по экологической корпоративной ответственности выигрывают в целом для производителя от более высокой предельной готовности потребителя платить за такой пищевой продукт [8].

Особое внимание стоит акцентировать на исследования прямо не касающихся непосредственно маркетинга инновационных пищевых продуктов, но, результаты, которых могут повлиять на разработку стратегии и выбор маркетинговых инструментов и решений при производстве, маркетинге и дистрибуции инновационных продуктов питания. Так, например, все большую популярность и важность приобретают научные работы, связанные с исследованиями не только на институциональном уровне, но и мезоуровня, для последующей разработки практических экономико-организационных и маркетинговых рекомендаций на микроуровень «производитель-торговая сеть-потребитель». В условиях глобализации и прогрессивной либерализации рынка многие мелкие местные производители продуктов питания были исключены из рынка как неконкурентоспособные из-за присутствия крупных международных корпораций, способных удовлетворить потребности сетей крупных розничных торговцев по ассортиментной матрице, цене и логистике.

По мере роста интереса потребителей к восстановлению их самобытности, местных культур и традиционных ценностей, у этих небольших местных производителей появился новый шанс. Ряд исследователей, в связи с этим, выделяет и обозначает продукты питания как национальный, региональный или местный продукт.

Представленные авторами модели выявили несколько различных взглядов потребителей, которые являются основными предикторами отношения между предпочтениями потребителей местных продуктов и национальных или региональных продуктов.

Пищевые продукты, производимые местными производителями, воспринимаются потребителями с более высоким качеством и лучше соответствуют их привычкам и требованиям, чем «региональные» или «национальные» пищевые продукты. Также были выявлены возможности для конкурентного преимущества во всем спектре розничных поставщиков из фермерских хозяйств, продовольственных кооперативов и фермерских рынков в национальные сети супермаркетов в использовании тренда в пользу потребления местных продуктов питания. Такие расследования были предприняты на фоне ключевых экономических, политических и социальных событий на продовольственной рынке, повышения осведомленности потребителей о культуре и правильности питания и их опасениях по поводу безопасности пищевых продуктов. Одновременно с точки зрения спроса наблюдается рост ожиданий потребителей продуктов питания, связанных с качеством продукции, обслуживанием клиентов и опытом предыдущих покупок в целом, включая измерение этической и социальной ответственности. Таким образом, за рубежом представлена сильная платформа для роста местного пищевого сектора, и исследователи совместно с производителями изучают сложное сочетание факторов, способствующих развитию местной пищевой индустрии, уделяя особое внимание объяснению потребительского поведения покупателей, в том числе их восприятие продукции пищевой промышленности как инновационной, полезной, сбалансированной и актуальной в современных условиях [9–11].

В Российской Федерации внимание к маркетинговым аспектам производства и реализации инновационных пищевых продуктов растет в последнее время, основываясь на синтезе и анализе множества факторов детерминирующих поведение субъектов рынков продуктов питания в условиях импортозамещения и внимания к отечественному производителю. При этом стоит отметить, что большинство исследователей сосредоточены в поиске управленческих и организационно-методологических эффективных решений инновационной деятельности при производстве пищевых продуктов с использованием

маркетинга и привлечением органов государственного управления и образования, научной среды для синергетического эффекта и взаимовыгодного партнерства.

Г.М. Самостроенков в качестве такого подхода предлагает использовать концепцию маркетинга взаимодополнения при которой происходит формирование пищевых кластеров из предприятий пищевой промышленности, основанный на мульнаправленной модели взаимодействия «специализация в ключевой компетенции-взаимодействие в неосновной компетенции», таким образом, усиливая сильные стороны друг друга и используя принципы маркетинга. По мнению автора, такой подход позволит преодолеть факторы сдерживающие развитие пищевых предприятий в рамках определенного пищевого кластера, а создание поддерживающего маркетингового-логистического центра снизить издержки и выполнить роль торгово-распределительного центра [12].

С.В. Новоселов разрабатывает методологию проектирования и продвижения новых продуктов питания при реализации инновационной деятельности, а также концентрирует внимание на маркетинговых исследованиях при организации инновационной деятельности производителей продуктов питания для снижения маркетинговых рисков. Предложенная автором аналитическая система управления инновационным развитием предприятия на основе логико-когнитивного подхода использует явные и неявные знания потребителей о новом продукте и закладывает методологические основы для проектирования и продвижения инновационной продукции на рынок в системе «наука и образование – производство - рынок» [13].

В работах Л.В. Кузнецовой рассматривается влияние маркетинга продуктов питания на потребление нездоровой пищи, в первую очередь фаст-фудов, агрессивной стратегии продвижения зарубежными производителями продуктов питания, формирующих модели пищевого поведения ориентированных на молодое поколение, что в итоге отрицательно влияет на качество жизни и здоровье. Основным фактором, влияющим на данное потребительское поведение, является недостаточный уровень знаний о рациональном режиме и суточном рационе приема пищи у потребителей, отсутствие внимания и осведомленности об инновационных пищевых продуктах.

Проведенный анализ других источников и авторов показывает слабое внимание в РФ с проблеме прикладного маркетинга инновационных продуктов питания, отсутствует методология определения процедуры маркетинговых мероприятий в пищевой индустрии, не выделяется специфика маркетинга инноваций продуктов питания, существующие подходы не решают практические задачи субъектов инновационной деятельности производителей пищевых продуктов, а предложенные модели рассматривают узкие части инструментария маркетинговой деятельности применительно к продуктам питания, не давая комплексного представления об отличительных особенностях маркетинга.

Внимание зарубежных исследователей в области маркетинга пищевых продуктов, и, особенно инновационных, все больше сосредотачивается на повышение эффективности существующего маркетинга в этой сфере, более углубленной сегментации потребителей новых пищевых продуктов, работе со всеми составляющими комплекса маркетинга: управление ассортиментом и упаковкой; управление качеством; стратегии ценообразования; маркетинговые коммуникации (реклама, продвижение, брендинг, современные digital-коммуникации) и т.д. Происходит изучение взаимосвязи маркетинговых факторов и культурных, социальных и индивидуальных особенностей потребителей, что становится особенно актуальным при современной смене парадигм потребительского поведения и появления совершенно новых поколенческих типов потребителей, например, таких как «миллениалов». Все большее внимание уделяется:

- интеграции цифрового маркетинга и соответствующего ему инновационного пищевого продукта;
- уходу от традиционных маркетинговых инструментов;
- работе и информированию потребителей в цифровой среде;
- формирование лояльных аудиторий и работу через лидеров мнений в социальных

сетях и сообществах, что определяет новый уровень развития маркетинга именно для инновационных пищевых продуктов без социальных, культурных и территориальных ограничений.

Рассмотрим процесс продвижения бренда инновационного пищевого продукта в социальных сетях. Продвижение в этой области сети является наиболее действенным инновационным инструментом маркетинга. Оно позволяет влиять на целевую аудиторию фирмы, концентрировать вокруг одного онлайн-сообщества десятки и сотни тысяч людей.

Люди проводят огромное количество времени, общаясь друг с другом, обмениваются фотографиями, видеозаписями, другими интересными материалами. Социальные сети очень сильно сближают, позволяют пересечь временные и территориальные барьеры. Они позволяют пользователям всего мира находиться в максимальном контакте друг с другом. Это уникальный инструмент для общения с друзьями, родственниками, просто знакомыми. Он открывает новые просторы, снимая любые ограничения во времени и пространстве.

Для разных видов рекламы характеристики социальных сетей являются главным преимуществом в выборе их в качестве площадки. Для партизанского маркетинга большую роль играет непосредственный контакт с потенциальным клиентом или представителями целевой аудитории. В свою очередь баннерная или контекстная реклама способна привлекать огромную многомиллионную аудиторию пользователей, которые проводят время в сети интернет. Также стоит выделить технологии создания групп влияния. Здесь срабатывает, так называемый, эффект воронки, когда одни группы пользователей оказывают прямое влияние на другие. Простейший пример: профессионалы, работающие в интернет-среде, часто дают советы и фактически внушают неопытным пользователям, какой товар является более привлекательным лучше и где его можно купить. Один удовлетворенный клиент способен привести в компанию сразу несколько своих друзей.

Изначально социальные сети образовывались для нахождения пользователями своих знакомых и общения с ними онлайн. Однако теперь сети уже переросли границы просто среды для общения и понемногу превращаются в своеобразное онлайн-представительство человека. Следовательно, поведенческие модели пользователей изменяются, возникают новоиспеченные нужды, для которых необходимо появление новых сервисов. На данный момент в социальных сетях зарождается потенциал для полноценного поиска и сортировки информации, хранения файлов, обработки изображений, блогинга. Пользователи всё более вовлекаются в активные действия внутри сетей, и для многих «Facebook» или «ВКонтакте» уже стали синонимом слова «Интернет». Маркетологам. В том числе работающими с инновационными продуктами питания, эти познания дают возможность планировать, исходя из того, что пользователи проводят в социальных сетях всё больше времени. Кроме того, новые функции раскрывают новые возможности для использования маркетинговых инструментов, то есть наиболее эффективно должен использоваться принцип «новому товару – новые маркетинговые инструменты».

Список литературы

1. Гришин, В. В. Управление инновационной деятельностью в условиях модернизации национальной экономики / В. В. Гришин. – М.: Дашков и Ко, 2015. – 389 с.

2. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р).

3. Jasiulewicz, A. Motives and Barriers to Innovative Food Products Consumption by Polish and Ukrainian Consumers / A. Jasiulewicz, M. Lemanowicz // Review of Innovation and Competitiveness : A Journal of Economic and Social Research. – 2016. – Vol. 2. – No. 4. – P. 57–70.

4. Lowe, B. Forecasting consumer perception of innovativeness / Ben Lowe, Alpert Frank // Technovation. – 2015. – Vol. 45-46. – P. 1–14.

5. Pliner, P. Development of a scale to measure the trait food neophobia / P. Pliner, K. Hobden // Appetite. – 1992. – Vol. 19(2). – P. 105–120.

6. Damsbo-Svendsen, M. Development of novel tools to measure food neophobia in children / M. Damsbo-Svendsen, M. B. Frøst, A. Olsen // Appetite. – 2017. – Vol. 113. – P. 358–367.

7. Lancelot Miltgen, C. Communicating Sensory Attributes and Innovation through Food Product Labeling / Caroline Lancelot Miltgen, Gaëlle Pantin Sohier, Bianca Grohmann // Journal of Food Products Marketing. – 2016. – Vol. 22. – Issue 2. – P. 219–239.

8. Perceptions of Agriculture and Food Corporate Social Responsibility / Carissa J. Morgan, Nicole J. Olynk Widmar, Michael D. Wilcoxc, Candace C. Croney // Journal of Food Products Marketing. – 2017. – P. 146–162. DOI: 10.1080/10454446.2017.1266550.

9. Pícha, K. Preference to Local Food vs. Preference to “National” and Regional Food / Kamil Pícha, Josef Navrátil, Roman Švec // Journal of Food Products Marketing. – 2018. – Vol. 24. – Issue 2. – P. 125–145.

10. Mugera, A. Consumer preference and willingness to pay for a local label attribute in Western Australian fresh and processed food products / A. Mugera, M. Burton, E. Downsborough // Journal of Food Products Marketing. – 2016. – P. 1–21.

11. Swoboda, B. The effects of perceived brand globalness and perceived brand localness in China: Empirical evidence on western, Asian, and domestic retailers / B. Swoboda, K. Pennemann, M. Taube // Journal of International Marketing. – 2012. – Vol. 20 (4). – P. 72–95.

12. Самостроенко, Г. М. Маркетинг взаимодополнения в системе управления развитием пищевой промышленности / Г. М. Самостроенко, Е. М. Родионова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2012. – № 2(13). – С. 99–104.

13. Новоселов, С. В. Основы методологии проектирования и продвижения на рынок новых пищевых продуктов в условиях инновационной деятельности / С. В Новоселов, Л. А. Маюрникова // Инновации. – 2012. – № 1(161). – С. 74–81.

УДК 338.26

ПОСТРОЕНИЕ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ДЛЯ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО МЕМБРАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А. В. Шафрай, Б. А. Лобасенко
Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия

Мембранные технологии разделения получают все большее распространение в различных областях промышленности. Это обусловлено возможностью получения разнообразных продуктов, созданием малоотходных технологий, низким потреблением энергии.

В настоящее время сложилось несколько направлений развития мембранной техники. Наряду с традиционными, к которым можно отнести создание новых типов мембран и оборудования с улучшенными технико-экономическими показателями, в последнее время развивается направление по разработке и использованию мембранных аппаратов, предусматривающих отвод поляризационного слоя. Оно позволяет в значительной мере интенсифицировать процесс концентрирования [1–3].

Для успешного практического и коммерческого использования разработанного оборудования необходимо составить бизнес-план для дальнейших действий.

Перед разработкой бизнес-плана была создана бизнес-модель, которая позволяет увидеть процесс разработки и продажи инновационного оборудования в виде системы с четкой и продуманной связью между элементами. Процесс бизнес-моделирования осуществлен в соответствии с практическим подходом, разработанным Алексом Остервальдером и Ивом Пинье и изложенном в книге «Построение бизнес-моделей» [4].

В соответствии с данным подходом бизнес-модель представляется в виде шаблона, приведенного на рис. 1. Элементы шаблона можно соотнести с частями бизнес-плана, отвечающими за маркетинг, НИОКР, продажи, финансы и т. д. Поэтому бизнес-модель можно представить как наглядное, общее изображение бизнес-плана, позволяющее в короткие сроки оценить работоспособность идеи [5].

Рисунок 1 – Шаблон бизнес-модели

Описать бизнес-модель можно по ее структурным блокам. Блок «Целевые сегменты» («Потребительские сегменты») описывает группы людей и организаций, которые будут основными потребителями товаров и услуг, предусмотренных моделью [6]. В блоке могут присутствовать несколько групп – потребительских сегментов. Данные сегменты могут быть сформированы по различным потребностям, особенностям поведения, социально-демографическим признакам и иным свойствам. На этапе формирования данного блока требуется определить, какие сегменты обслуживать, а какие исключить из рассмотрения.

Дальнейшее построение модели строится на четком понимании нужд клиентов из выбранных сегментов.

Блок «Ценностное предложение» описывает товары и услуги, представляющие ценность для определенного потребительского сегмента. Основой блока является причина, почему клиенты выбирают одну компанию взамен другой. Ценностное предложение представляет собой совокупность товаров и услуг, которые решают проблемы клиентов или удовлетворяют их потребности, присущие определенному потребительскому сегменту. Иначе говоря, это совокупность конкурентных преимуществ, которые компания готова предложить.

Блок «Каналы сбыта» описывает взаимодействие компании с потребительскими сегментами, в рамках которого осуществляется информирование, ознакомление, потребление ценностного предложения. Они являются точками контакта с продавцом.

Блок «Взаимоотношения с клиентами» показывает, какие отношения устанавливаются между компанией и потребительскими сегментами. Отношения могут строиться как индивидуально, вручную, так и автоматизировано, как с целью приобретения, удержания клиентов, так и увеличения продаж. Данный блок оказывает значительное влияние на поведение потребителя.

Блок «Потоки поступления доходов» включает все возможные потоки доходов компании в рамках бизнес-модели. В данном блоке необходимо описать один или несколько потоков дохода от каждого потребительского сегмента. Каждый поток имеет свой механизм ценообразования.

В блоке «Ключевые ресурсы» содержатся наиболее важные активы, требующиеся для функционирования бизнес-модели. Данные ресурсы позволяют компании создавать и доносить до потребителя ценностное предложение. Ключевые ресурсы можно разделить на материальные, финансовые, интеллектуальные или человеческие.

Блок «Ключевые виды деятельности» описывает действия компании для реализации ее бизнес-модели. Данный блок является компонентом создания ценностного предложения, выхода на рынок, поддержания взаимоотношений с клиентами и получения доходов.

Блок «Ключевые партнеры» перечисляет поставщиков и партнеров, с помощью которых функционирует бизнес-модель. Целью привлечения партнеров может быть оптимизация бизнес-процессов, снижение рисков или получение ресурсов.

Блок «Структура издержек» содержит расходы, связанные с функционированием бизнес-модели. Издержки связаны с созданием и воплощением ценностных предложений, созданием и поддержанием взаимоотношений с клиентами, потоками доходов.

В рамках рассмотренного шаблона выделяют стили, в соответствии с которыми строятся бизнес-модели, среди которых: разделение бизнес-модели, «длинный хвост», многосторонние платформы, открытые бизнес-модели и другие.

Разработанная бизнес-модель создана в стиле разделения бизнес-модели [7, 8]. Данный стиль предполагает наличие трех фундаментальных форм бизнес-деятельности: ориентированной на клиентов, ориентированной на инновации и ориентированной на инфраструктуру. В качестве бизнес-деятельности выбрана деятельность, ориентированная на инновации, которая предполагает творческий подход, поиск талантов и небольшой размер организации.

Учитывая принципы построения и существующие стили, создана бизнес-модель, которая приведена на рис. 2.

Бизнес-модель полностью ориентирована на рынок B2B услуг, и главным целевым сегментом будут являться инжиниринговые компании, которые в своей деятельности используют мембранные технологии. Данные технологии в основном используются в пищевой, биотехнологической, фармацевтической и нефтехимической промышленности, а также в компаниях, специализирующихся на очистке сточных вод. Компании, разрабатывающие оборудование, используемое в данных отраслях, всегда находятся в поиске новых, инновационных идей по его улучшению. В некоторых случаях значительно выгоднее приобретать технические решения или лицензии на новое оборудование у сторонних компаний, чем поручать разработку аналогов своим научно-исследовательским

отделам [9]. Ярким примером может служить компания Procter & Gamble, в которой доля исследований и разработок с партнерами (сторонними исследователями) в 2007 году составила 85 %.

Рисунок 2 – Бизнес-модель

В рамках разработанной бизнес-модели можно выделить два ценностных предложения, которые позволят удовлетворить возникающие у целевого сегмента потребности. Продажа лицензий позволяет приобрести уже запатентованное, прошедшее промышленные испытания оборудование, что значительно снижает финансовые и временные затраты на вывод нового оборудования на рынок для клиентов. Разработка технического решения позволит компаниям-клиентам снизить издержки на свой персонал и сконцентрировать ресурсы на других задачах.

Наиболее перспективными каналами сбыта для данной модели будут прямые продажи и интернет. Прямые продажи осуществляются, начиная с холодных контактов с компаниями, потенциальными клиентами из целевого сегмента, и продолжаются по стандартным алгоритмам продаж. Еще одним каналом сбыта является интернет, а именно сайты – многосторонние платформы (стиль бизнес-моделей), которые устанавливают контакты между компаниями, размещающими информацию о своих задачах, и компаниями (или физическими лицами), которые стараются найти решение этих задач [10]. Наиболее известной платформой, работающей по описанному принципу, является InnoCentive, дочерняя компания фармацевтического концерна Eli Lilly.

Взаимоотношения с клиентами строятся персонально, как путем проведения личных встреч, так и путем ведения телефонных переговоров и общения средствами электронной почты. Цель контактов с клиентами зависит от этапа сделки и может быть как приобретение или удержание клиента, так и увеличение продаж.

В созданной бизнес-модели предусмотрено два потока поступления доходов от одного целевого сегмента. Каждый поток соответствует своему ценностному предложению. Доход от продажи лицензий поступает от продажи лицензий на уже созданное оборудование и предполагает периодические выплаты за использование лицензии. Доход от продажи технических решений поступает за разработку технического решения по техническому заданию от клиента и предполагает разовую выплату. Цена на первое или второе ценностное предложение может формироваться как свободным путем, во время проведения переговоров, так и путем выставления фиксированного вознаграждения от компании заказчика.

Ключевыми ресурсами являются интеллектуальная собственность и персонал. Интеллектуальная собственность включает в себя патенты, авторские права и любую другую закрытую информацию, защищенную правами собственности. На данный момент для использования в рассматриваемой бизнес-модели уже имеется база патентов, необходимая для ее функционирования. Подбор персонала в данной модели играет огромную роль, на нем полностью основывается ее жизнеспособность.

Ключевым видом деятельности является разработка инновационного оборудования, которая позволяет создать ценностное предложение при помощи ключевых ресурсов. Именно результаты этого вида деятельности представляют интерес для целевого сегмента.

Ключевые партнеры – это компании, привлекаемые с целью получения ресурсов, в данном случае, материалов и оборудования, необходимых для обеспечения разработки инновационного оборудования.

В структуре издержек главными статьями являются заработная плата сотрудников, вовлеченных в процесс создания оборудования, и накладные и представительские расходы, связанные и продвижением, и продажей ценностных предложений.

Созданная бизнес-модель позволяет увидеть все этапы коммерциализации разработанного мембранного аппарата, от этапа его создания до этапа его продажи. Позволяет представить весь процесс в виде системы и наглядно увидеть все взаимосвязи ее компонентов. В дальнейшем на основе компонентов системы необходимо создать финансовый и маркетинговый планы и план продаж, что позволит объединить и оформить все работы в законченный бизнес-план.

Описанный подход демонстрирует возможность и способ коммерческого использования как созданного мембранного оборудования, так и любого другого оборудования, разрабатываемого в рамках научных работ студентов и преподавателей.

Список литературы

1. Lobasenko, B. A. Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer / B. A. Lobasenko, A. G. Semenov // Foods and Raw Materials. – 2013. – № 1. – P. 74–81.

2. Лобасенко, Б. А. Ультрафильтрация: Теория и практика / Б. А. Лобасенко, А. Г. Семенов, Ю. Н. Захаров. – Новосибирск : Наука, 2015. – 204 с.

3. Lobasenko, B. A. Membrane apparatus and plants development with polarization layer baffing / B. A. Lobasenko, R. V. Kotlyrov // Materials of the IV international research and practice conference. – Munich : 2013. – Vol. 1. – P. 106–107.

4. Остервальдер, А. Построение бизнес-моделей / А. Остервальдер, И. Пинье. – М. : Альпина Паблишер, 2010. – 290 с.

5. Бурьян, Л. М. Партисипаторный подход к разработке бизнес-модели организации – «холст бизнес-модели» Остервальдера и Пинье / Л. М. Бурьян, С. В. Васильев, О. А. Пахомов // Вестник института экономики и управления Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. – 2016. – № 1. – С. 11–17.

6. Гиротра, К. Оптимальная бизнес-модель. Четыре инструмента управления рисками / К. Гиротра, С. Н. Нетесин. – М. : Альпина Паблишер, 2014. – 216 с.

7. Hagel, J. Unbundling the Corporation / J. Hagel, M. Singer // Harvard Business Review. – 1999. – № 3. – P. 15–18.

8. Трейси, М. Маркетинг ведущих компаний. Выбери потребителя, определи фокус, доминируй на рынке / М. Трейси, Ф. Вирсема. – М. : Вильямс, 2007. – 304 с.

9. Чесбро, Г. Открытые бизнес-модели. IP-менеджмент / Г. Чесбро. – М. : Поколение, 2008. – 351 с.

10. Parker, E. Strategies for Two-Sided Markets / E. Parker, V. Alstyne // Harvard Business Review. – 2006. – № 10. – P. 22–24.

УДК 614.7

ИЗУЧЕНИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ СЫРЬЯ, ПОВЕРХНОСТИ СТЕН, ПОЛА, ПОТОЛКА, ВОЗДУШНО-ГАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А. А. Лукин, Ю. В. Голубцова
Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, Россия

Пищевые предприятия распространены в России повсеместно. Каждое четвертое предприятие в стране относится к пищевой промышленности. Технологические процессы пищевых производств весьма различны, что объясняется многообразием перерабатываемого сырья и изготавливаемой продукции. Это требует использования многих видов оборудования и осуществления самых разнообразных процессов: дробления, измельчения, нагрева, сушки, химической обработки, ароматизации, прессования и др. [9].

При всем различии технологических процессов, оборудования и сырья все пищевые производства имеют общее: перерабатывается органическое сырье, готовая продукция используется в пищу, причем многие ее виды – без предварительной обработки (хлебные, кондитерские и колбасные изделия, многие молочные продукты, напитки и др.). Технологический процесс на предприятиях пищевой промышленности, качество сырья и готовой продукции находятся под постоянным наблюдением органов санитарного надзора, поскольку от их санитарного состояния непосредственно зависит здоровье населения.

Предъявляются также высокие требования к метеорологическим условиям, и особенно к чистоте воздуха, в помещениях пищевых производств [2].

На пищевых предприятиях в связи с использованием многих видов сырья и видов его переработки имеют место практически все виды вредных выделений.

Многие технологические процессы сопровождаются образованием и выделением пыли в окружающую среду (хлебозаводы, сахарные заводы, масложировые, крахмалопаточные предприятия, табачные, чайные фабрики и др.) [1].

Современные прогрессивные предприятия животноводческого и птицеводческого направления представляют собой высоко технологичную замкнутую систему, направленную на получение максимальной производительности от выращиваемых животных и птиц. Любое отклонение в системе нормального функционирования предприятия приводит в большинстве случаев к серьезным потерям. Для повышения продуктивности и резистентности с/х. животных и птиц наряду с полноценным кормлением и совершенствованием технологии систем содержания первостепенное значение имеют санитарно-гигиенические и профилактические мероприятия [4]. Между организмом и средой его обитания существует неразрывная связь. Совокупность элементов внешней среды при воздействии на организм вызывает в нем различные ответные реакции. Если эти воздействия соответствуют оптимальному уровню, то организм нормально развивается и при правильном кормлении дает максимальную продуктивность. Поэтому огромное значение в современной технологии выращивания животных и птиц имеет обеспечение безопасности производства [7].

В животноводческих комплексах очень велик риск возникновения и распространения инфекционных заболеваний животных. С целью предотвращения появления очагов и распространения инфекционных заболеваний регулярно проводится профилактическая дезинфекция [3].

Одним из важных факторов, влияющих на сохранность и товарные свойства мясных продуктов является наличие и развитие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов (дрожжей, бактерий, спор плесневых грибов), локализованных в газо-воздушной среде производственных цехов и промышленных помещений. Попадая в пищевые продукты и на их поверхность при переработки, транспортировке и хранения микроорганизмы снижают качество выпускаемой продукции и ухудшают их товарные качества [5].

Обсеменение послеубойного мяса и мясопродуктов патогенными микроорганизмами происходит на стадии транспортировки, разделки и промежуточного хранения полуфабрикатов и готовой продукции. При жизнедеятельности и размножении дрожжей, бактерий и плесневых грибов на поверхности мяса образуются в больших количествах отдельные колонии, которые в последствии образуют слизистый и мажущий налет мутно-серого цвета [6]. Установлено, что слизь образуется на поверхности мяса при достижении концентрации микроорганизмов в 1 см^2 от 10^7 до 10^9 КОЕ. При наличие налета мутно-серого цвета на поверхности мясных продуктов количество микроорганизмов в 1 см^2 может варьироваться от 10^9 до 10^{12} КОЕ.

В этой связи в производственных условиях изучали сроки хранения и условия хранения мяса и мясных полуфабрикатов при температуре минус 2–4 ^{o}С и относительной влажности 85 %. Сроки и условия хранения мяса и мясных продуктов изучали на предприятии мясной промышленности.

Свежее мясо свинины, говядины и баранины, мясные полуфабрикаты хранили в течение 14 суток при температуре минус 2–4 ^{o}С и изучали наличие патогенных и непатогенных микроорганизмов через каждые двое суток. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

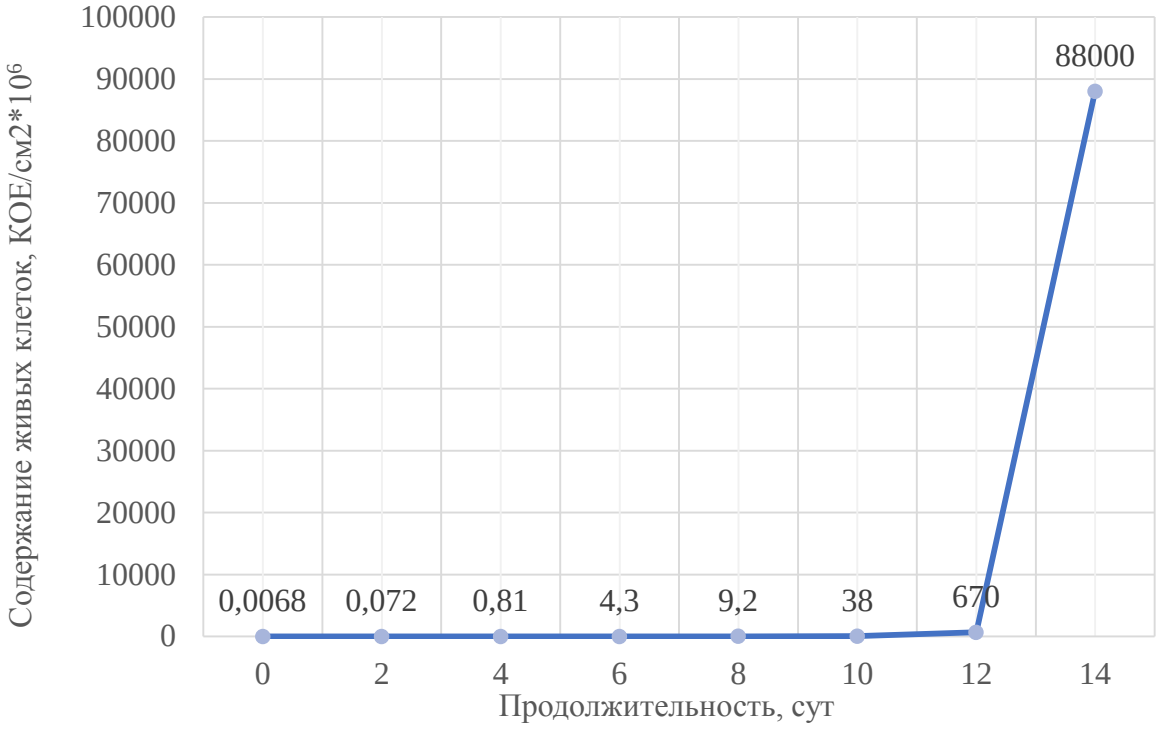


Рисунок 1 – Результаты исследований хранения мяса и мясных продуктов при температуре 0 ^{o}С

Результаты исследований хранения мяса и мясных продуктов, представленные на рисунке 1 позволили выявить, что мясо и мясные продукты хранятся в промышленных условиях не более 10 суток при температуре минус 2–4 ^{o}С. Также установлено, что порча мясных и продуктов обусловлена наличием и ростом колоний различных микроорганизмов. Показано, что начальная обсемененность мясных продуктов составила от $6{,}8\times10^3$ КОЕ/см^2 до $7{,}2\times10^4$ КОЕ/см^2, по истечению 14 суток количество микроорганизмов достигло $8{,}8\times10^{10}$, что делает мясо и мясные продукты не годными к потреблению и дальнейшей переработки. Таким образом, проведенные исследования показывают, что охлажденное мясо и

мясопродукты при температуре минус 2–4 ^{o}С исключает возможность перевозки мяса на дальние расстояния и сокращает время хранения мяса в охлажденном виде.

Известно, что на предприятиях пищевой промышленности, в частности мясной промышленности микробиологическому контролю подвергают не только санитарное состояние поступающего сырья и вспомогательного материала, полуфабрикаты, образующиеся в процессе технологической обработки и готовую продукцию, но и санитарное состояние производственного помещения и технологического оборудования. Плановые микробиологические исследования, позволяющие оценить санитарно-гигиеническое благополучие проводят в соответствии с инструкциями и требованиями территориальной санэпидемслужбы по особому графику контрольно-производственными лабораториями предприятия или ветеринарными службами. Имеются сведения, что на таких поверхностях как полы, потолки и стены, поверхности оборудования, холодильные камеры могут развиваться микроорганизмы, которые являются причиной порчи сырья и готовой продукции.

Дальнейшее исследование направлено на изучение санитарно-гигиенического благополучия поверхности стен, пола, потолка, а также воздушно-газового пространства цеха переработки мяса на предприятии мясной. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Результаты изучения санитарно-гигиенического благополучия поверхности стен, пола, потолка, а также воздушно-газового пространства цеха переработки мяса на предприятии мясной промышленности, представленные в таблице 1 свидетельствуют о том, что санитарно-гигиеническое благополучие поверхности стен, пола, потолка, а также воздушно-газового пространства производственных цехов предприятий мясной промышленности снижена, так как они заражены микроорганизмами. Уровень данного благополучия во многом зависит от различных факторов. Патогенные и условно-патогенные микроорганизмы локализованы в газо-воздушном пространстве, на поверхностях стен, пола и потолка производственных помещений, а также на поверхностях технологического оборудования, и вентиляционных каналах.

Таблица 1 – Результаты изучения санитарно-гигиенического благополучия поверхности стен, пола, потолка, а также воздушно-газового пространства цеха переработки мяса на предприятии мясной промышленности

Наименование объекта	Количество смывов	Общая обсемененность микроорганизмами, КОЕ/см2 (среднее значение)
Холодильная камера		
Поверхность стены (кафель)	5	$6{,}47 \cdot 10^{3}$
Двери холодильной камеры (металл)	5	$3{,}86 \cdot 10^{4}$
Пол холодильной камеры	5	$5{,}91 \cdot 10^{4}$
Газо-воздушная среда воздушной камеры	5	$4{,}33 \cdot 10^{3}$
Камера дефростации		
Поверхность стены (кафель)	5	$5{,}13 \cdot 10^{3}$
Двери металлические	5	$5{,}44 \cdot 10^{4}$
Пол камеры	5	$6{,}22 \cdot 10^{4}$
Газо-воздушная среда воздушной камеры	5	$5{,}12 \cdot 10^{3}$
Цех расфасовки мясного сырья		
Поверхность стены (кафель)	5	$4{,}74 \cdot 10^{3}$
Поверхность стены (покраска)	5	$9{,}86 \cdot 10^{3}$
Цементный пол	5	$18{,}40 \cdot 10^{4}$

Продолжение таблицы 1

Наименование объекта	Количество смывов	Общая обсемененность микроорганизмами, КОЕ/см2 (среднее значение)
Газо-воздушная среда воздушной камеры	5	$9{,}23 \cdot 10^3$
Контейнер	5	$14{,}25 \cdot 10^3$
Цех переработки		
Поверхность стены (кафель)	5	$6{,}14 \cdot 10^3$
Двери металлические	5	$8{,}99 \cdot 10^4$
Пол камеры	5	$12{,}35 \cdot 10^4$
Газо-воздушная среда воздушной камеры	5	$9{,}80 \cdot 10^3$

Микробиологическая чистота газо-воздушного пространства производственных цехов напрямую зависит от уровня загрязнения патогенными и условно-патогенными микроорганизмами поверхности стен, полов и технологического оборудования. Обычно на поверхностях производственных цехах содержатся в несколько тысяч раз больше микроорганизмов чем в газо-воздушной среде.

Далее проводили идентификацию патогенных и условно-патогенных микроорганизмов локализованных на поверхности стен, полов и технологического оборудования, а также в газо-воздушной среде мясоперерабатывающего предприятия. Для идентификации микроорганизмов применяли метод культивирования с применением селективных питательных сред и микроскопического метода. Результаты изучения показали, что на поверхности стен, полов и технологического оборудования, а также в газо-воздушной среды мясоперерабатывающего предприятия найдены психрофильные бактерии, плесневые грибы (*Penicilium, Aspergillus, Mucor, Cladosporium, Thanmidium, Rhizopus, Catemularia, Atlernaria, Geotrichumlactis*) и дрожжевые грибы (*Candidamycoderma, Sacharomyces, Rhodotorila, Torulopsis, Debaryomycesrosei).*

На предприятиях пищевой промышленности в качестве защиты газо-воздушной среды, от патогенных и условно-патогенных микроорганизмов применяются различные фильтрующие насадки для системы проточно-вытяжной вентиляции, дезинфицирующие средства используются для обработки поверхности полов, стен и технологического оборудования. Однако, результаты настоящих исследований свидетельствуют о том, что данные способы обработки не обеспечивают требуемого санитарно-гигиенического благополучия производственных помещений. На предприятиях пищевой промышленности неизбежно наличие на поверхностях органических веществ, что создает возможность не только «выживания» микроорганизмов, но и их размножения и возникновения колоний. Это в свою очередь может приводить к значительному вторичному микробиологическому загрязнению воздуха и продукции за счет выноса микроорганизмов конвективными потоками в воздушную среду помещения.

Таким образом, в современной производственной практике существует реальная потребность совершенствования дезинфекционных и стерилизационных технологий, основанных на общих принципах научной дезинфектологии. Основными требованиями, предъявляемыми к современным средствам обеззараживания от микробиологических агентов, являются сочетание высокого уровня безопасности, эффективности и универсальности.

Список литературы

1. Афиногенова, Т.Е. Чашечный метод оценки эффективности дезинфектантов и антисептиков. Методическое пособие / Т.Е.т Афиногенова. – СПб: СПбМА. – 2000. – С. 5–7.

2. Басарыгина, Т.А. Использование ультрафиолетового излучения для дезинфекции поливных растворов / Т.А. Басарыгина // Материалы междунар. науч.–практич. конф. молодых ученых «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых». Омск. – 2010. – С. 82–85.

3. Беллов, М.В. Влияние очистки и мойки объектов убойных цехов мясокомбинатов на их общую бактериальную обсемененность / М.В. Белов // Материалы 4–ой междунар. науч. практ. конф. «Актуал. пробл. вет. медицины и вет.-санитар. контроля с.-х.продукции», М. – 2002. – С. 136–137.

4. Березнев, А.П. Аэрозольная дезинфекция в комплексе мер борьбы против пастереллеза кур / А.П. Березнев // Труды ВНИИВС. – 1969. – С. 339–349.

Березнев, А.П. Обеззараживание яичной и мясной тары аэрозолями химических средств / А.П. Березнев // Труды ВНИИВС. – 1975. – Т. 51. – С. 171–177.

5. Бессарабов, Б.Ф. Ветеринарно-санитарные мероприятия по профилактике болезней птиц: учеб. пособие / Б.Ф. Бессарабов. – М.: Россельхозиздат. – 1983. – 190с.

6. Закомырдин, А.А. Дезинфекция птичников в присутствии птицы мелкокапельным раствором гипохлорита натрия / А.А. Закомырлин // Труды ВНИИВС. – 1968. – Т. 27. – С. 318–328.

7. Попов, Н.И. Пенная обработка кожного покрова животных как фактор ликвидации инфекционного начала / Н.И. Попов, Г.А. Жоров //Диагностика, профилактика и меры борьбы с особо опасными и экзотическими болезнями животных. Покров. – 1998. – 280 с.

8. Руководство Р 4.2.2643–10 «Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. – 2011. – 615 с.

9. Шуваева, О.Н. Дезинфекция убойных цехов мясокомбинатов / О.Н. Шуваева, Ю.И. Андрюнин // Труды ВНИИВС. – 1972, №. 63. – С. 231–240.

СОДЕРЖАНИЕ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Архипов Л. О.
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ БЕСКОСТНОЙ ГОВЯДИНЫ НА ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СВОБОДНЫХ НУКЛЕОТИДОВ С ЦЕЛЬЮ ПОСЛЕДУЮЩЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСХОДНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗАМОРОЖЕННОГО МЯСА. 3

Гернет М. В., Грибкова И. Н., Кобелев К. В.
ПРИМЕНЕНИЕ БИОСОРБЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ НАПИТКОВ. 10

Какимов А. К., Майоров А. А., Ибрагимов Н. К., Жумадилова Г. А., Муратбаев А. М.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОЛУЧЕНИЮ КАПСУЛ КАПЕЛЬНЫМ МЕТОДОМ. 16

Капустин М. А., Чубарова А. С., Курченко В. П., Журихина Л. Н., Цыганков В. Г., Бондарук А. М.
ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУР ФЕРУЛОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СОСТАВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ. 21

Козлова О. В., Тултабаева Т. Ч.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ, ОЦЕНКА СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ. 33

Кригер О. В., Сюй Вэй
РАЗРАБОТКА ПОЛИКОМПОНЕНТНОГО ПРОБИОТИКА НА ОСНОВЕ ЛАКТОБАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ НАЦИОНАЛЬНЫХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ 44

Лисицын А. Б., Чернуха И. М., Лунина О. И.
К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРОИЗВОДСТВА КЛЕТОЧНОГО МЯСА.....48

Просеков А. Ю.
ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ 53

Радевич (Буткевич) Т. В., Курченко В. П.
МЕХАНИЗМ КОАГУЛЯЦИИ КАЗЕИНОВ ОБЕЗЖИРЕННОГО МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХИТОЗАНА 62

Салищева О. В., Молдагулова Н. Е., Тарасова Ю. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ В РАСТВОРЕ КОКОИЛ ГЛУТАМАТА.....69

Сергеева И. Ю.
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ХМЕЛЯ В СОВРЕМЕННОМ ПИВОВАРЕНИИ 74

Сыромятников М. Ю., Деревщикова М. И., Попов В. Н.
ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК И ПРОВЕДЕНИЯ МУЛЬТИПЛЕКСНОЙ ПЦР ДЛЯ МЕТАБАРКОДИНГА ДНК МИКРООРГАНИЗМОВ ИЗ МОЛОЧНОЙ И МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОДУКЦИИ.....80

Терещук Л. В., Старовойтова К. В., Ивашина О. А.
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СПРЕДОВ 88

Храмцов А. Г.
ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИОРИТЕТЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕЛЬХОЗСЫРЬЯ – МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ – НА ПРИНЦИПАХ ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ 93

Черепанов И. С.
ПРОЦЕССЫ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ D-МАЛЬТОЗЫ В ЩЕЛОЧНЫХ ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ СРЕДАХ.....97

Чернуха И. М., Ковалев Л. И., Машенцева Н. Г., Ковалева М. А., Вострикова Н. Л.
ВЫЯВЛЕНИЕ МАРКЕРОВ АГРЕГАЦИИ БЕЛКОВ В МЯСНОМ СЫРЬЕ И ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ.....103

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Аверьянова Е. В., Школьникова М. Н.
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВТОРИЧНЫХ СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ИСТОЧНИКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ 111

Борисенко Т. Н.
РАЗРАБОТКА СПОСОБА АКТИВАЦИИ АМИЛОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОАКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ 116

Вайтанис М. А., Ходырева З. Р.
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА МЯСНОГО ФАРША ПРИ ВНЕСЕНИИ КУКУРУЗНОЙ МУКИ.....121

Верещагин А. Л., Борина Л. Л.
РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ МЕМБРАНОТРОПНЫМ НАНОПРЕПАРАТОМ ИЗ ИНТЕРМЕДИАТОВ ЦИКЛА КРЕБСА 125

Гаврилова Н. Б., Темирбаева М. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОТЕХНОЛОГИИ МОЛОКА РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ.....136

Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л.
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА 140

Головач Т. Н., Тарун Е. И.
ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ С β ЦИКЛОДЕКСТРИНОМ НА АНТИОКСИДАНТНЫЕ СВОЙСТВА ПЕПТИДОВ СЫВОРОТОЧНЫХ БЕЛКОВ МОЛОКА 144

Гуринович Г. В., Узаков Я. М.
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ.....148

Данильчук Т. Н., Ганина В. И.
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРАЙНЕ НИЗКИХ ДОЗ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ В ПИЩЕВЫХ БИОТЕХНОЛОГИЯХ.....152

Дейнека И. Г., Гаврыш В. С., Бобрышев В. И., Бородина Е. В.
РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОРОЖЕНОГО.....160

Дубинина Е. В., Крикунова Л. Н., Трофимченко В. А.
ОСОБЕННОСТИ СБРАЖИВАНИЯ МЕЗГИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ РЯБИНЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФРУКТОВЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ 165

Захаренко М. А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФЕРМЕНТАЦИИ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПИТКА С ДОБАВЛЕНИЕМ ГАЛАКТООЛИГОСАХАРИДОВ 170

Илларионова Е. Е., Радаева И. А., Туровская С. Н.
МОНИТОРИНГ МИКРОСТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УГЛЕВОДНОЙ И ЖИРОВОЙ ФАЗЫ МОЛОЧНЫХ КОНСЕРВОВ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ.....175

Колпакова В. В.
ВЗАИМОСВЯЗЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ СУХОЙ ПШЕНИЧНОЙ КЛЕЙКОВИНЫ С АМИНОКИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ И ПОКАЗАТЕЛЯМИ ЕЕ КАЧЕСТВА 179

Короткая Е. В.
ВЛИЯНИЕ ЗАМОРАЖИВАНИЯ НА АКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ 188

Корчубекова Т. А., Мураталиева М. Н.
РАЗРАБОТКА ФЕРМЕНТИРОВАННОГО НАПИТКА ИЗ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРОРОЩЕННОЙ ПШЕНИЦЫ.....193

Лупинская С. М., Какимова Ж. Х.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИКОРАСТУЩЕГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛАВЛЕНЫХ СЫРОВ 198

Молибога Е. А., Гаврилова Н. Б.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ БИОТЕХНОЛОГИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПЛАВЛЕНОГО СЫРА ДЛЯ ПИТАНИЯ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ.....203

Мышалова О. М.
ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЯСА МАРАЛОВ.....207

Пастушкова Е. В., Чугунова О. В.
ОБЗОРНО - АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....211

Патракова И. С., Зубарева Е. Н.
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ МЯСНЫЕ ПРОДУКТЫ С ПОНИЖЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ НАТРИЯ.....216

Плешкова Н. А., Австриевских А. Н., Позняковский В. М.
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ.....220

Помозова В. А., Соловьева Е. Н., Истеева А. Е.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ФРУКТОВЫХ ДЕСЕРТОВ, ОБОГАЩЕННЫХ ПРЕБИОТИКОМ.....225

Радаева И. А., Туровская С. Н., Илларионова Е. Е.
К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ КОНСЕРВИРОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В ПЕРИОД ЕЕ ХРАНЕНИЯ 229

Рензяева Т. В., Кривовяз В. И., Рензяев А. О., Хайдар-Заде Л. Н.
РАСТИТЕЛЬНЫЕ МАСЛА ДЛЯ ДИЕТИЧЕСКОГО ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ПИТАНИЯ.....233

Рябцева С. А., Ахмедова В. Р., Анисимов Г. С.
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОРОЖЕНОГО С LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS.....239

Терещук Л. В., Ивашина О. А.
АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И ЖИРОВ СВОБОДНЫХ ОТ ТРАНС-ИЗОМЕРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ.....244

Тимакова Р. Т., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Байхожаева Б. У.
ПРИМЕНЕНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ.....249

Тихонов С. Л., Самохвалова Е. В., Тихонова Н. В., Муратов А. А.
ОБРАБОТКА ОХЛАЖДЕННОГО МЯСА ВЫСОКИМ ДАВЛЕНИЕМ 253

ОБОРУДОВАНИЕ, ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ИНФОРМАТИЗАЦИЯ

Амирханов К. Ж., Руднев С. Д.
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ОДНОРОДНЫХ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ДИСПЕРСНЫХ СМЕСЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНОАКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ.....257

Бакин И. А.
ПОВЫШЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССООБМЕНА В РОТОРНО-ПЛЕНОЧНЫХ ВЫПАРНЫХ АППАРАТАХ.....263

Бородулин Д. М., Потеха В. Л., Невская Е. В., Невский А. А.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕНТРОБЕЖНО-ШНЕКОВОГО СМЕСИТЕЛЯ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МУЧНЫХ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ СМЕСЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ВЫПЕЧКОЙ ХЛЕБА И ОБОСНОВАНИЕМ ЕГО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ.....267

Буянова И. В., Рскелдиев Б. А.
ИСКУССТВЕННЫЙ ХОЛОД В ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ 278

Доня Д. В.
ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ШНЕКОВЫХ ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРОВ.....284

Ермолаев В. А., Grytsenko D., Юрченко В. В.
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ПОДВОДА ТЕПЛОТЫ НА ПРОЦЕСС ВАКУУМНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ 290

Ильиных В. В.
ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННЫХ МАССАЖЕРОВ 296

Короткий И. А., Овсянников В. Ю.
МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛЬДА НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ КРИОКОНЦЕНТРИРОВАНИИ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ 300

Котляров Р. В., Тимофеев А. Е., Лобасенко Б. А.
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА МЕМБРАННЫХ УСТАНОВОК ПОЛУПРОМЫШЛЕННОГО ТИПА 306

Лобасенко Б. А., Акимов М. М., Касенов А. Л., Кабулов Б. Б.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕМБРАННОЙ ТЕХНИКИ.....312

Назимова Г. И., Назимова Е. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ДРОЖЖАМИ В ПОЛУФАБРИКАТАХ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....317

Неверов Е. Н., Ишевский А. Л.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ НЕРАЗДЕЛАННОЙ РЫБЫ ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА 322

Павский В. А., Павский К. В., Иванова С. А.
СТОХАСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....329

Потапов А. Н., Потапова М. Н.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЭКСТРАГИРОВАНИИ В СИСТЕМАХ ТВЕРДОЕ ТЕЛО - ЖИДКОСТЬ.....334

Потеха В. Л., Велямов М. Т., Невская Е. В., Шведко А. А., Потеха А. В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОВОЛНОВЫХ КОЛЕБАНИЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ.....340

Просин М. В., Стабровская Е. И., Васильченко Н. В., Сафонова Е. А.
ВЛИЯНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ПРОДУКТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННОГО АППАРАТА.....349

Романова В. В., Ивина О. А.
БИОИНФОРМАТИКА И СРЕДСТВА КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА 354

Сафонова Е. А., Бородулин Д. М., Просин М. В.
ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ И НИЗКОЧАСТОТНЫХ УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ПИВОВАРЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....358

Fedosenkov B. A.
MATHEMATICAL PROCESS MODELING FOR THE MIXTURE-PRODUCING AGGREGATE 362

Чупин А. В.
НЕЧЕТКАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИНТЕЗОМ АММИАКА 366

Шмалько Н. А., Смирнов С. О.
КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА СЕМЯН АМАРАНТА.....372

ВОПРОСЫ СТАНДАРТИЗАЦИИ, СЕРТИФИКАЦИИ, КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ В ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

Аникина Н. С., Гниломедова Н. В.
СООТНОШЕНИЕ ПРОДУКТОВ БРОЖЕНИЯ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ПОДЛИННОСТИ СТОЛОВЫХ ВИН.....379

Аристова Н. И., Гришин Ю. В., Жилякова Т. А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ВИН, ПОЛУЧЕННЫХ ВТОРИЧНЫМ БРОЖЕНИЕМ 384

Бакайтис В. И., Че С. Н., Дорогина О. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИАЛИМЕНТАРНЫХ ВЕЩЕСТВ В ДИКОРАСТУЩИХ ГРИБАХ 390

Верещагин А. Л., Резниченко И. Ю., Бычин Н. В., Буданина Л. Н.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОДЛИННОСТИ ЭМУЛЬСИОННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ТИПА «МАСЛО В ВОДЕ» МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА 394

Верещагин А. Л., Болдырева Т. А., Горемыкина Н. В.
ВЛИЯНИЕ АРАБИНОГАЛАКТАНА НА СТАБИЛЬНОСТЬ КОНЦЕНТРАТА ОБЛЕПИХОВОГО МАСЛА 405

Верещагин А. Л., Резниченко И. Ю., Бычин Н. В., Буданина Л. Н.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОДЛИННОСТИ ЭМУЛЬСИОННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ТИПА «ВОДА В МАСЛЕ» МЕТОДАМИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА.....409

Григорьева Р. З., Шевелева Г. И.
РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУР БЛЮД СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 420

Губаненко Г. А., Наймушина Л. В., Зыкова И. Д., Речкина Е. А.
АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКА ИЗ ВЫЖИМОК ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ 426
Дунченко Н. И., Волошина Е. С., Купцова С. В., Черкасова Э. И.
ФОРМИРОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА.....432

Киселева Т. Ф., Dalla Rosa Marco
ИННОВАЦИОННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ИГРИСТЫХ ВИН НА РОССИЙСКОМ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОМ РЫНКЕ 437

Киселева Т. Ф., Бастрон Е. В., Зубарева Е. Н.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОРТВЕЙНА НА ОСНОВЕ ЕГО КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ 450

Кокшаров А. А.
АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ БИОНАНОПРОДУКТОВ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ 455

Куракин М. С., Мотырева О. Г.
УЧЁТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ АСПЕКТОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕЦЕПТУР НОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ 460

Морозов В. Б.
ПОДХОД К НЕПРЕРЫВНОМУ КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ В ПИЩЕВОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ 464

Мусина О. Н., Hossain K.
АНАЛИЗ ПАТЕНТНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ (НЕ)ЗАВИСИМОСТИ ПИЩЕВОЙ ИНДУСТРИИ НА ПРИМЕРЕ СЫРОДЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ 473

Мустафина А. С.
КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ СИБИРСКОГО РЕГИОНА 482

Пермякова Л. В.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИВА ПУТЕМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ДРОЖЖЕЙ.....486

Розалёнок Т. А.
ЭКОЛОГИЧНЫЕ БИОЦИДЫ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТОВ КЛАСТЕРНОГО СЕРЕБРА ДЛЯ ОБРАБОТКИ БУМАГИ/КАРТОНА 490

Севостьянова Е. М.
УСТАНОВЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ И СРОКА ГОДНОСТИ ПИТЬЕВЫХ И МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД ПОСЛЕ ВСКРЫТИЯ УПАКОВКИ 495

Смирнова И. А., Какимов А. К., Жарыкбасов Е. С.
РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ.....503

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЮРИДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Сапожникова Т. А.
НАПРАВЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ УВЕЛИЧЕНИЯ РОССИЙСКОГО ЭКСПОРТА ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ТОВАРОВ 508

Ходырева З. Р., Угарова Ю. В., Щетинина Е. М., Вайтанис М. А.
СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО РЫНКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ПИТАНИЯ СПОРТСМЕНОВ.....513

Шадрин В. Г., Муратов А. А.
МАРКЕТИНГОВЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИЙ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ 518

Шафрай А. В., Лобасенко Б. А.
ПОСТРОЕНИЕ БИЗНЕС-МОДЕЛИ ДЛЯ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО МЕМБРАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ 525

Лукин А.А., Голубцова Ю.В.
ИЗУЧЕНИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ СЫРЬЯ, ПОВЕРХНОСТИ СТЕН, ПОЛА, ПОТОЛКА, ВОЗДУШНО-ГАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 529

ЛР №020524 от 02.06.97.
Формат 60x90 1/8
Бумага офсетная. Гарнитура Times.
Уч.-изд. л. 67,63. Тираж 300 экз.
Заказ № 66

ПЛД №44-09 от 10.10.99.
Отпечатано в лаборатории множительной техники
Кемеровского государственного университета
650000, г. Кемерово, ул. Мичурина, 13 А