

Техника и технология пищевых производств

Food Processing: Techniques and Technology



Том 52
Номер 1
2022

Национальный, рецензируемый научный журнал, посвященный вопросам пищевой промышленности и включенный в МБД SCOPUS и RSCI на платформе Web of Science.

Миссия: создание, агрегация, поддержка и распространение научно-образовательного контента в области пищевой промышленности, объединение усилий различных категорий исследователей, вузовской и научной интеллигенции, преодоление разрыва между изданиями регионального, национального и

федерального уровней. Журнал призван освещать актуальные проблемы в пищевой и смежных отраслях, продвигать новые перспективные технологии в широкую аудиторию научных и практических работников, преподавателей, аспирантов, студентов, предпринимателей, а также оказывать содействие в подготовке высококвалифицированных специалистов.

В журнале публикуются научные и обзорные статьи, доклады, сообщения,

рецензии, краткие научные сообщения (письма в редакцию), информационные публикации по направлениям: технология пищевых производств; процессы, оборудование и аппараты пищевых производств; гигиена питания; биотехнология; стандартизация, сертификация, качество и безопасность; химия и экология; экономика; автоматизация и информатизация технологических процессов. Подробная информация для авторов и читателей представлена на сайте <https://fppt.ru>

Главный редактор:

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

Зам. главного редактора:

А.Н. Петров, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Видное, Россия;

О.О. Бабич, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия.

Редакционная коллегия:

Е.В. Абакумов, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия;

И.В. Алтухов, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, Молодежный, Россия;

В.В. Бахарев, Самарский государственный технический университет, Самара, Россия;

С.М. Бычкова, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Россия;

А.Г. Галстян, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия;

И.А. Ганиева, Министр науки и высшего образования Кузбасса, Кемерово, Россия;

И.Ф. Горлов, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия;

Г.М. Гриценко, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Краснообск, Россия;

Н.И. Дунченко, Российский государственный аграрный университет – МСХА К.А. Тимирязева, Москва, Россия;

И.А. Евдокимов, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия;

Ж.С. Есимбеков, Университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан;

А.В. Заушинцева, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

А.П. Каледин, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия;

А.Б. Капранова, Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия;

В.Г. Лобанов, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия;

Г.О. Магомедов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия;

О.А. Неверова, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

В.Н. Попов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия;

С.Л. Тихонов, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия;

О.А. Фролова, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия;

В.Н. Хмелев, Бийский технологический институт, Алтайского государственного технического университета, Бийск, Россия;

Ю.С. Хотимченко, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия;

А.Г. Храпцов, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия;

С.В. Шахов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия;

И.В. Юдаев, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Россия.

Материалы публикуются на условиях лицензии CC BY 4.0.

Выпускающий редактор А.И. Лосева
Ответственный за выпуск А.А. Кирякова
Литературный редактор А.Ю. Курникова
Литературный редактор (англ. язык) Н.В. Рабкина
Дизайн и компьютерная верстка Е.В. Волкова
Редактор онлайн версии Е.В. Дмитриева

Адрес редакции и издателя: КемГУ, 650000, Россия, Кемеровская обл. – Кузбасс, г. Кемерово, Красная, 6, тел.: +7 (3842) 58-80-24, e-mail: fppt98@gmail.com.

Адрес типографии: КемГУ, 650000, Россия, Кемеровская обл. – Кузбасс, г. Кемерово, пр. Советский, 73.

Учредитель: КемГУ, 650000, Россия, Кемеровская обл. – Кузбасс, г. Кемерово, Красная, 6.

© КемГУ, 2022. © Авторы, 2022.

Дата выхода в свет 14.04.22.
Усл. п. л. 26,50, уч.-изд. л. 20,87. Тираж 500 экз.
Цена свободная. Выходит 4 раза в год.

Подписной индекс по объединенному каталогу «Пресса России» – 41672.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС77-72313 выдано Роскомнадзор.

The Journal is an open access, double-blind peer-reviewed quarterly journal that encompasses a wide range of food research areas in Russia and neighboring regions.

The journal is accepted by SCOPUS and Web of Science (RSCI).

The Journal's mission is to present, integrate and disseminate the most important results of fundamental and applied research in the food industry of

Russia and the CIS countries. We aim to create scientific content that would reflect the current state of food science in the post-Soviet space.

The Journal is addressed to practicing professionals, scientists, academics, and students.

The Journal publishes the results of original research and review articles on most topics relating to food industry,

including: food production technology; food production processing and equipment; food hygiene; biotechnology; food standardization, certification, quality and safety; chemistry and ecology; economics; automation and informational support of technological processes. For submission instructions, subscription and all other information visit this journal online at <https://fptt.ru/en>

Editor-in-Chief

Alexander Yu. Prosekov, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia.

Deputy Editor-in-Chief

Andrey N. Petrov, All-Russia Scientific Research Institute of Canned Food Technology, Vidnoe, Russia;

Olga O. Babich, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

Editorial Board Member

Evgeny V. Abakumov, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia;

Igor V. Altukhov, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Molodezhny, Russia;

Vladimir V. Bakharev, Samara State Technical University, Samara, Russia;

Svetlana M. Bychkova, St. Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Russia;

Aram G. Galstyan, All-Russia Dairy Research Institute, Moscow, Russia;

Irina A. Ganieeva, Minister of Science and Higher Education of Kuzbass, Kemerovo, Russia;

Ivan F. Gorlov, Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia;

Galina M. Gritsenko, Siberian Federal Scientific Centre of Agro-Bio Technologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Russia;

Nina I. Dunchenko, Timiryazev Russian State Agrarian University, Moscow Agricultural Academy, Moscow, Russia;

Ivan A. Evdokimov, North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia;

Zhanibek S. Yessimbekov, Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan;

Alexandra V. Zaushintsena, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

Anatoly P. Kaledin, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia;

Anna B. Kapranova, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia;

Vladimir G. Lobanov, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia;

Gazibeg O. Magomedov, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia;

Olga A. Neverova, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;

Vasily N. Popov, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia;

Sergei L. Tikhonov, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia;

Olga A. Frolova, Nizhni Novgorod Engineering-economic State University, Knyaginino, Russia;

Vladimir N. Khmelev, Biysk Technological Institute, Altai State Technical University, Biysk, Russia;

Yuri S. Khotimchenko, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia;

Andrey G. Khramtsov, North-Caucasian Federal University, Stavropol, Russia;

Sergey V. Shakhov, Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia;

Igor V. Yudaev, St. Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Russia.

All articles are licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits their use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as appropriate credit is given to the original author(s) and the source.

Executive Editor A.I. Loseva, Publishing Editor A.A. Kiryakova, Literary Editor A.Yu. Kurnikova, Literary Editor (Eng) N.V. Rabkina, Computer layout and design E.V. Volkova, Online Editor E.V. Dmitrieva.

Editorial and publisher: KemSU, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Russia, phone: +7(3842) 58-80-24, e-mail: fptt98@gmail.com.

Printing Office: KemSU, Sovetskiy Ave. 73, Kemerovo, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Russia.

Founder: KemSU, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Russia.

© 2022, KemSU. © 2022 Authors

Date of issue April 14, 22.
Printed sheet 26,50 conventional printed sheet 20,87. Circulation 500 cop. Open price.
Issued 4 times a year.

Subscription index for the unified "Russian Press" catalogue – 41672.

The certificate of mass media registration is PI № FS 77-72313 Given by the Roskomnadzor.

Колонка редактора
<https://fptt.ru>

Агропромышленный комплекс занимает стратегическое положение в экономике любой страны. Сельское хозяйство является основной производственной системой, обеспечивающей бесперебойное снабжение граждан продуктами питания и товарами первой необходимости. Развитие аграрного сектора – залог экономической и продовольственной безопасности страны.

В современных условиях развития сельское хозяйство набирает популярность и становится востребованным направлением. Это объясняется растущей прибылью за счет использования новых технических и технологических решений. Повышение инновационной активности в аграрном секторе позволяет увеличивать производительность труда, наращивать объемы и эффективность производства, повышать конкурентоспособность российской сельскохозяйственной продукции, увеличивать рентабельность и доходность сельскохозяйственных организаций и предприятий.

Инновации в сельском хозяйстве – это новые технологии и техника, новые сорта растений и породы животных, новые удобрения и средства защиты растений, новые методы профилактики заболеваний и лечения животных, новые формы организации, финансирования и кредитования производства, а также новые подходы к подготовке, переподготовке и повышению квалификации кадров. Сегодня сельхозпредприятия, внедряющие в свой производственный процесс последние достижения науки, добиваются повышения показателей как в производстве, так и в финансовой сфере.

Особую роль играют цифровые технологии, повышающие эффективность планирования и ведения агрохозяйства (программное и онлайн-обеспечение, методы навигации аэросъемки, датчики-контролеры для отслеживания, автоматизированная техника, технологическое оборудование, дистанционное

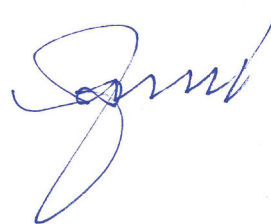
зондирование земли, цифровые двойники полей, технологии точного земледелия и т. д.). Использование систем спутникового слежения позволяет агрохозяйствам получать актуальные метеосводки, контролировать состояние посевов и отслеживать весь цикл сельхозработ. Применение цифровых технологий способствует повышению урожайности и качества продукции без увеличения численности работников.

Ведутся разработки и внедрение новых устройств для получения органических удобрений, автоматического сбора и выращивания экологически чистых овощей и фруктов, уничтожения вредителей сельского хозяйства, заготовки кормов на заболоченных площадях и неудобьях или их производства из отходов перерабатывающих предприятий.

В современной российской науке вопросами создания инновационных технологических процессов в области механизации сельского хозяйства и теории мобильных сельскохозяйственных агрегатов занимается доктор технических наук, академик РАН Юрий Федорович Лачуга. Юрий Федорович внес значительный вклад в решение проблем кадрового обеспечения АПК и аграрного образования в Российской Федерации. Его учениками являются сотни ученых и высококвалифицированных специалистов сельскохозяйственного производства не только России, но и других стран.

8 мая 2022 года Юрий Федорович празднует свое 80-летие. Редакция журнала «Техника и технология пищевых производств» от всей души желает Юрию Федоровичу дальнейших выдающихся успехов в профессиональной и научной деятельности, почета и уважения, жизненной энергии и бодрости, крепкого здоровья и вдохновения для новых достижений!

Главный редактор журнала
«Техника и технология пищевых производств»,
член-кор. РАН, профессор 



А. Ю. Просеков

Разработка структурированных молочных продуктов с учетом данных о рекламациях и методологии квалиметрии рисков



В. С. Янковская*, Н. И. Дунченко, К. В. Михайлова

Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 16.11.2021

Принята после рецензирования: 14.12.2021

Принята в печать: 14.02.2022

*e-mail: vs3110@rgau-msha.ru

© В. С. Янковская, Н. И. Дунченко,
К. В. Михайлова, 2022



Аннотация.

Для обеспечения успешного ведения бизнеса необходимо на этапе разработки продукции выявлять, оценивать и учитывать все риски, в т. ч. технологические. Анализ рекламаций и мнения потребителей о наличии несоответствий в продукции является важной информацией при разработке новой или усовершенствовании уже выпускаемой. Целью исследования стала разработка структурированных молочных продуктов на базе анализа данных о рекламациях и методологии квалиметрии рисков.

Объектами исследования являются рекламации по качеству и факторы, влияющие на качество структурированных молочных продуктов. Применялись методология квалиметрии технологических рисков, общепринятые инструменты контроля и методы оценки качества.

Выявлены популярные виды структурированных молочных продуктов и определены коэффициенты весомости их потребительских свойств. Идентифицированы технологические риски возникновения несоответствий структурированных молочных продуктов. Анализ массива данных о рекламациях по качеству за 5 лет позволил обнаружить и ранжировать причины выявления несоответствий структурированных молочных продуктов. Сформированы матричные диаграммы прогнозирования сырьевых, технологических, рецептурных и организационных факторов на риски выявления рекламаций, отражающие степень их влияния. Установлены коэффициенты управляемости каждого риска и важность каждого фактора как механизма управления рисками. Предложены механизмы управления рисками производства несоответствующей продукцией и повышения потребительских свойств на этапе проектирования: разработана рецептура структурированного творожного продукта, технология его производства и техническая документация.

Предлагаемый подход разработки структурированных молочных продуктов с учетом данных о рекламациях и применении методологии квалиметрии рисков позволяет быстро обосновать рецептуру, получить продукцию с высокими потребительскими свойствами, а также разработать ряд механизмов по минимизации рисков производства продукции с несоответствиями.

Ключевые слова. Качество, технологические риски, квалиметрия рисков, оценка, менеджмент, молочные продукты

Финансирование. Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России) в рамках соглашения № 075-15-2020-905 от 16 ноября 2020 г. о предоставлении гранта в форме субсидий из федерального бюджета на осуществление государственной поддержки создания и развития научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

Для цитирования: Янковская В. С., Дунченко Н. И., Михайлова К. В. Разработка структурированных молочных продуктов с учетом данных о рекламациях и методологии квалиметрии рисков // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 2–12. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-2-12>

New Structured Dairy Products Based on Quality Complaints and Risk Qualimetry

Valentina S. Yankovskaya*, Nina I. Dunchenko, Kermen V. Mikhaylova

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Received: 16.11.2021

Revised: 14.12.2021

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: vs3110@rgau-msha.ru

© V.S. Yankovskaya, N.I. Dunchenko,
K.V. Mikhaylova, 2022



Abstract.

Successful food production business depends on how well entrepreneurs identify, assess, and take into account various risks, including technological, at the stage of product design. The analysis of quality complaints and consumer opinions is vital for product design or improvement. The research objective was to develop structured dairy products based on the quality complaint analysis and risk qualimetry.

The research featured quality complaints and factors that affect the quality of structured dairy products. It involved the methodology of the technological risk qualimetry and generally accepted control tools and quality assessment methods.

Popular structured dairy products were identified and tested for the weight coefficients of their consumer properties and technological risks. The analysis covered five years of quality complaints and made it possible to identify and rank the reasons behind nonconforming structured dairy products. Matrix diagrams helped to forecast various factors, e.g. those based on raw materials or formulation, technological, organizational, etc. The diagrams reflected the degree of factor influence on the identified risks. The research established control coefficients of each risk, as well as the importance of each factor as a risk management tool. The article introduces several risk management tools related to nonconforming products and aimed at improving consumer properties at the design stage. It also features the formulation of a new structured curd product with production technology and technical documentation.

The proposed approach to the development of structured dairy products is based on risk qualimetry and takes into account quality complaints. It provides a prompt formulation assessment, guarantees high consumer properties, and minimizes the risks of producing nonconforming products.

Keywords. Quality, technological risks, risk qualimetry, assessment, management, dairy products

Funding. The research was financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka), Agreement No. 075-15-2020-905, November 16, 2020, as part of state support for the world-class scientific center “Agrotechnologies of the Future”.

For citation: Yankovskaya VS, Dunchenko NI, Mikhaylova KV. New Structured Dairy Products Based on Quality Complaints and Risk Qualimetry. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):2–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-2-12>

Введение

Согласно современным мировым трендам в менеджменте качества, таким как TQM (Total Quality Management), IMS (Integrated Management System), MBQ (Management by Quality), менеджмент качества на базе международных стандартов ISO и др., успешное ведение бизнеса зависит от способности организации производить продукцию стабильного и высокого качества и безопасности, а также быстро подстраиваться под требования рынка [1–5]. Выпуск новой или корректировка потребительских свойств уже выпускаемой продукции, учитывающие новые требования потребителей к качеству

продукции (в т. ч. данные о фактах обнаружения брака дистрибьютерами и конечными покупателями на различных этапах цепочки товародвижения), позволяют получить конкурентное преимущество перед другими участниками рынка [6].

При разработке продукции руководствуются необходимостью решения одной или нескольких ситуационных задач: повышение пищевой ценности, снижение себестоимости, улучшение потребительских свойств, снижение количества брака, решение конкретных технологических проблем и др. [7–12].

Разработка новой пищевой продукции (как и корректировка производимой, базовой) должна учитывать множество взаимосвязанных факторов, начиная от обеспечения всеми видами необходимых ресурсов и заканчивая управлением рисками [8, 13, 14]. Процесс разработки продуктов питания не может быть эффективным, быстрым и точным, если он:

- не отражает системный характер комплекса требований к продукции, процессам ее производства, менеджменту качества и безопасности [4, 8, 15, 16];
- не базируется на научных данных о закономерностях трансформации свойств пищевых систем под действием различных технологических, рецептурных и других факторов [4, 13];
- не использует набор универсальных многофункциональных решений в различных сферах деятельности организации. Например, системы менеджмента качества и безопасности на базе ISO 9000 и 22000, управление технологическими рисками, квалитетическое прогнозирование показателей качества и безопасности продукции и др. [6, 8, 17];
- не применяет современные методологические подходы к оценке и прогнозированию показателей качества и безопасности продукции и процессов трансформации пищевых систем [4, 8, 13];
- не учитывает комплексный характер формирования качества продукции на всех этапах его жизненного цикла [12, 13].

Одним из подходов системного моделирования конкурентоспособной продукции и обеспечения ее безопасности, отражающим все перечисленные проблемы, является научная концепция проектирования и прогнозирования показателей безопасности и качества пищевых продуктов [8]. Согласно данной концепции моделирование качества продукции включает в себя моделирование качества сырья, показателей качества продукции и процессов (проектирование продукции и процессов, обоснование сырьевого состава). Эти процессы базируются на данных ключевых блоков, таких как выявление комплекса требований к качеству и безопасности продукции и процессам ее производства, квалитетрия и контроль соответствия продукции и процессов, обеспечение безопасности, разработка документации, сбор и анализ данных о продукте после его производства, обратная связь от потребителей, поиск путей усовершенствования продукции и процессов. Методологической базой реализации предложенной концепции является развертывание методов квалитетрии при прогнозировании показателей качества и безопасности пищевой продукции и управлении рисками [6, 8, 18].

Целью работы являлась разработка продукции (на примере группы структурированных молочных продуктов) на базе анализа данных о рекламациях и методологии квалитетрии рисков [8].

Группа структурированных молочных продуктов была выбрана исходя из следующих причин:

- продукция относится к базовым элементам здорового и лечебного питания и популярна среди детей, что предполагает повышенные требования к обеспечению высокого и стабильного качества и безопасности [19–24];
- структурированные молочные продукты являются благоприятной питательной средой для развития нежелательной микрофлоры и сопутствующих ферментативных процессов, сопровождающихся ростом рисков реализации продукции с несоответствиями (в т. ч. пороками органолептических свойств), что небезопасно для жизни и здоровья потребителей [25, 26];
- структурированные молочные продукты с вкусовыми наполнителями, популярны у потребителей, представляют собой продукцию, выработанную из сырья животного, растительного и микробиологического происхождения, что усложняет задачи по обеспечению прослеживаемости, анализу источников контаминации и изучению законов формирования показателей качества и безопасности продукции [27];
- молочная пищевая матрица, являющаяся основой структурированных молочных продуктов, представляет собой многокомпонентную, сложно-организованную и взаимосвязанную структуру, которая восприимчива к воздействию разных видов технологических и рецептурных факторов, а также условий хранения [12, 28, 29].

Объекты и методы исследования

Объектами исследований в работе являлись:

- структурированные молочные продукты, базовые технологии и рецептуры их производства: йогурт (ГОСТ 31981-2013), творожный продукт (патент RU 2311788), йогуртный продукт (патент RU 2251279), молочный десерт (патент RU 2129795);
- процесс разработки (корректировки) продуктов питания в системах менеджмента качества, обеспечения безопасности и управления рисками;
- массив данных о рекламациях по качеству структурированных молочных продуктов, полученных распределительным центром;
- мнение потребителей о качестве структурированных молочных продуктов;
- показатели качества и безопасности структурированных молочных продуктов.

Были использованы следующие методы и инструменты методологии квалитетрии рисков: анализ документации, экспертная квалитетрия, разработка анкет, методы проведения социологических исследований, квалитетическое прогнозирование, контрольные листки, квалитетическое шкалирование, методология построения дерева свойств, методики определения коэффициентов весомости,

расчета комплексного показателя как среднее арифметического взвешенного и построения матричных диаграмм (информационно-матричной модели), а также квалиметрический анализ.

Реализация этапов методологии квалиметрии рисков как базы для разработки структурированных молочных продуктов включала в себя применение современных общепринятых методов анализа. Полученные данные обрабатывались методами математической статистики с использованием персонального компьютера Intel(R) Core (TM)i7 с помощью программы Microsoft Excel и SAP.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследования был проанализирован и обобщен теоретический и практический материал подходов к разработке продуктов питания и управления технологическими рисками. Положения международных стандартов (ISO 22000 и 9000) исходят из необходимости количественной характеристики управляемых объектов (рисков), т. е. без квалиметрии (наука, включающая в себя методологические принципы объективной количественной оценки качественных характеристик любых объектов) невозможен менеджмент качества и безопасности [6, 18]. Однако применение научно обоснованных подходов на базе квалиметрии при оценке рисков является только формирующимся (РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, кафедра управления качеством и товароведения продукции) научным направлением, которое получило название квалиметрия рисков [8]. Оно представляет собой совокупность методологических подходов идентификации, описания, анализа, оценки, ранжирования и прогнозирования рисков, а также обоснования решений по минимизации рисков и управлению ими.

Интегрирование методологии квалиметрии технологических рисков в научную концепцию проектирования и прогнозирования показателей безопасности и качества пищевых продуктов позволило сформулировать основные этапы разработки (или корректировки базовой) пищевой продукции с учетом анализа данных о несоответствиях (рекламаций и мнения потребителей) [8]:

1) описание разрабатываемого (или корректируемого базового) продукта – определение целевого потребителя и роли продукта в рационе питания, выявление и ранжирование важности потребительских свойств продукции;

2) идентификация рисков – идентификация рисков возникновения несоответствий при производстве и реализации продукции (риски производства небезопасной продукции, несоответствующей идентификационным показателям, продукции с пороками) путем выявления комплекса требований нормативной и технической документации к

показателям качества и безопасности продукции и процессам ее производства;

3) сбор данных о несоответствиях – сбор и анализ данных о фактах и частоте обнаружения несоответствий продукции установленным требованиям, изучение мнения потребителей о качестве реализуемой продукции, в т. ч. негативные отзывы, ранжирование несоответствий по частоте обнаружения и нежелательности;

4) идентификация факторов – выявление факторов (сырьевых, технологических, рецептурных, организационных и др.), влияющих на риски производства и реализацию продукции с несоответствиями;

5) изучение системы «фактор – риск» – изучение и описание взаимосвязи между факторами и рисками возникновения несоответствий (определение коэффициентов управляемости рисками, выявление наиболее чувствительных и важных рисков, выявление механизмов (факторов) управления ими и их ранжирование);

6) поиск решений – поиск и оценка универсальных и многофункциональных решений для управления технологическими рисками при разработке (корректировке базовых) рецептуры продукта и/или технологии его производства и/или требований к сырью и/или организационно-управленческим действиям;

7) разработка продукции – внедрение найденных решений управления технологическими рисками при разработке продукции и сопроводительной документации.

На следующем этапе исследования был проведен комплекс работ по реализации методологии квалиметрии технологических рисков при разработке

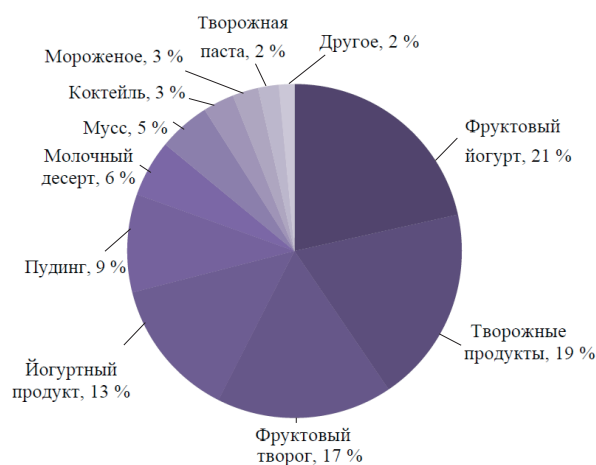


Рисунок 1. Наиболее популярные среди потребителей структурированные молочные продукты

Figure 1. Popular structured dairy products

продуктов питания на примере структурированных молочных продуктов.

Социологические исследования мнения 200 потребителей Московского региона позволили установить целевого потребителя структурированных молочных продуктов. Это женщина 25–45 лет, систематически (несколько раз в неделю) употребляющая продукты этой группы как важный элемент здорового питания. Установлено, что наиболее популярными среди потребителей видами структурированных молочных продуктов (рис. 1) являются продукты на основе творога (творожные продукты и творог с фруктовыми наполнителями) и йогурта (фруктовый йогурт и йогуртные продукты).

Установлена номенклатура важных для потребителей показателей качества структурированных молочных продуктов, а также коэффициенты весомости показателей потребительских предпочтений (рис. 2).

На следующем этапе исследования были проанализированы требования нормативной и технической документации к показателям качества и безопасности структурированных молочных продуктов, а также научно-техническая литература. Идентифицированы технологические риски возникновения несоответствий при производстве и реализации продукции, объединенные в три группы:

- риски производства небезопасной продукции (ТР ТС 033/2013, 021/2011) – критические недопустимые риски;
- риски производства и реализации продукции, несоответствующей идентификационным показателям (ТР ТС 033/2013, 022/2011, ГОСТ 31981-2013,

ГОСТ Р 31453 2013, техническая документация) – недопустимые риски;

- риски производства и реализации продукции с пороками – нежелательные риски.

Для ранжирования рисков по частоте обнаружения был собран (с помощью разработанных контрольных листов) и проанализирован массив данных, поступающих на крупный распределительный центр Московского региона в период с 2014–2019 гг., о рекламациях по качеству незамороженных структурированных молочных продуктов. Установлено, что к структурированным молочным продуктам с наибольшим количеством рекламаций относятся продукты на основе творога. Из 25 случаев выявления несоответствий 6 случаев приходится на фруктовый творог, 7 – на творожные продукты (в т. ч. творожная паста – 2, творожный мусс – 1). Остальные структурированные молочные продукты с несоответствиями: фруктовые йогурты – 4, йогуртные продукты – 3, пудинги – 2, коктейли – 2 и молочные десерты – 1.

Выявлены и ранжированы по частоте обнаружения риски рекламаций структурированных молочных продуктов (рис. 3).

- Опрос потребителей о качестве структурированных молочных продуктов выявил, что большинство (82 %) боится отравления структурированными молочными продуктами и старается снизить риски покупки некачественной и небезопасной продукции путем:
- приобретения продукции проверенного или известного бренда (42 % респондентов);
 - в проверенном магазине (24 %);
 - контроля сроков годности (58 %);

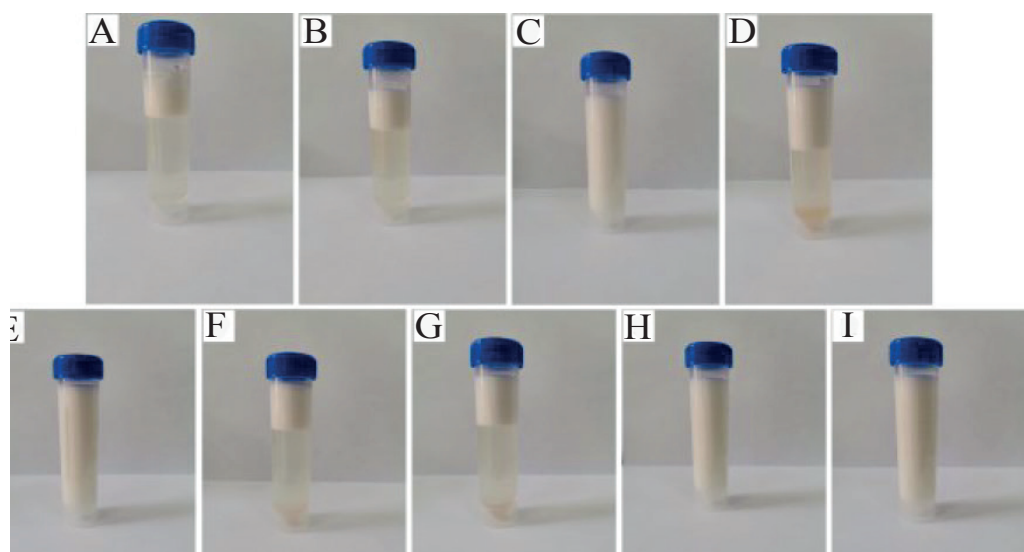


Рисунок 2. Коэффициенты весомости показателей потребительских предпочтений структурированных молочных продуктов

Figure 2. Weight coefficients of indicators of consumer preferences for structured dairy products



Рисунок 3. Частота регистрации рекламаций по качеству структурированных молочных продуктов (2014–2019 гг.)

Figure 3. Registration frequency of complaints about the quality of structured dairy products (2014–2019)

- изучения этикетной надписи (22 %);
- оценки внешнего вида индивидуальной потребительской упаковки продукции (68 %);
- предварительной пробы самого продукта перед его непосредственным употреблением (например, перед тем, как дать ребенку) (12 %);
- другое (6 %).

Данный опрос свидетельствует о том, что потребителям важна минимизация рисков приобретения структурированных молочных продуктов несоответствующих качества и безопасности.

Минимизация перечисленных рисков достигается за счет обязательного государственного регулирования в сфере торговли, производства, контроля, товародвижения и реализации продуктов питания. На уровне производства и реализации продукции снижение рисков осуществляется путем контроля на всех этапах прослеживаемости продукции, а также разработки и внедрения комплексных технологических решений и системы управления рисками.

На следующем этапе реализации методологии квалиметрии рисков была проведена разработка матричных диаграмм прогнозирования сырьевых, технологических, рецептурных и организационных факторов на риски производства и реализации структурированных молочных продуктов с выявленными несоответствиями.

В таблице 1 представлен фрагмент матричной диаграммы (информационно-матричной модели) влияния рецептурных факторов на выявленные риски

рекламаций по качеству творожных продуктов с применением 4-балльной шкалы методологии QFD.

Установленные коэффициенты управляемости характеризуют степень восприимчивости каждого риска под воздействием факторов. Таким образом, рисками «расслоение и отделение жидкости» и «несоответствующие вкус и запах» можно эффективно управлять через подбор компонентов рецептуры (содержание обезжиренного творога, структурообразователя и вкусового наполнителя), имеющих высокие значения показателя важности фактора.

Представленные информационно-матричные модели позволяют не только описать степень влияния организационных, сырьевых, технологических и рецептурных факторов на риски возникновения несоответствий (рекламаций), но и прогнозировать риски и научно обосновать механизмы управления технологическими рисками в системе прослеживаемости.

Одним из путей снижения рисков при производстве творожных продуктов с сладкими наполнителями был выбран подбор ингредиентов при составлении рецептуры: вид и массовая доля структурообразователя, подбор функционального ингредиента, соотношение молочных компонентов в пищевой матрице.

Анализ разработанных ранее матричных диаграмм влияния функциональных ингредиентов и пищевых добавок на показатели качества и безопасности структурированных молочных продуктов позволил обосновать выбор:

- функционального ингредиента («Флукол-Д» – экстракт лиственницы сибирской, содержащий

Таблица 1. Матричная диаграмма влияния рецептурных факторов на риски рекламаций по качеству творожных продуктов

Table 1. Effect of formulation factors on the risks of quality complaints about curd products: matrix diagram

№ п/п	Наименование фактора	Виды технологических рисков									Важность фактора		
		Наименования рисков рекламаций по качеству								...			...
		Маркировка	Вздутая упаковка	Расслоение и отделение жидкости	Нарушение герметичности	Несоответствующие вкус и запах	Гнилостные вкус и запах	Плесневелые вкус и запах	...	...		Балл	%
Нежелательность риска (H_p), %			48,5	20,0	17,1	5,7	2,9	2,9	2,9	...	...	—	—
1	Массовая доля обезжиренного творога		—	Δ	●	—	●	—	Δ	...	...	185,8	29,8
2	Массовая доля обезжиренного молока		—	—	○	—	—	—	—	...	...	51,3	8,2
3	Массовая доля сливок		—	—	○	—	Δ	—	—	...	...	54,2	8,7
4	Массовая доля структурообразователя		—	—	●	—	—	—	—	...	...	153,9	24,7
5	Массовая доля вкусового наполнителя		—	Δ	○	—	●	Δ	—	...	...	100,3	16,1
6	Массовая доля сахарного сиропа		—	—	○	—	○	—	—	...	...	60,0	9,6
7	Массовая доля функционального ингредиента		—	—	Δ	—	—	—	—	...	...	17,1	2,7
Коэффициент управляемости риска, %		Балл	0	0	530,1	0	46,7	2,9	2,9	...	...		
		0	0	91,0	0	8,0	0,5	0,5	...	...	...		

Обозначения шкалы: – – нет взаимосвязи, сила 0 баллов, Δ – слабая взаимосвязь, сила 1, ○ – средняя взаимосвязь, сила 3, ● – сильная взаимосвязь, сила 9.

– – no effect, 0 points, Δ – weak effect, 1, ○ – medium effect, 3, ● – strong effect, 9.

антиоксидант дигидрохверцетин) для придания продукту свойств, полезных для здоровья, и снижения рисков микробиологической порчи, что снижает риски возникновения вздутия упаковки, появления гнилостных и плесневелых вкуса и запаха, а также других пороков, связанных с развитием нежелательной микрофлоры;

– структурообразователя (пищевые волокна животного происхождения – коллагенсодержащий препарат Scanpro T95) для снижения рисков расслоения и отделения сыворотки в продукте, а также ряда других пороков консистенции;

– вкусового наполнителя (криопорошок облепихи по СТО 25622234-001-2018 как источник витамина С, β-каротина, макро- и микроэлементов, ненасыщенных жирных кислот и других активных биологических веществ), позволяющий получить приятный насыщенный цвет и избежать необходимости внесения красителей.

С применением полного факторного эксперимента была разработана рецептура творожного продукта, представленная в таблице 2.

С целью снижения рисков возникновения несоответствий творожного продукта установленным требованиям был разработан комплекс мероприятий: корректировка технологии производства (повышение температуры тепловой обработки творожной смеси до 92–94 °С), разработка системы мониторинга за санитарно-гигиеническим состоянием производства, системы управления технологическими рисками, плана НАССР, системы мониторинга несоответствий установленным требованиям при производстве и товародвижении (СТО 00492931-001-2021), управление несоответствующей продукцией (СТО 00492931-002-2021).

Квалиметрическая оценка экспериментальных образцов новых творожных продуктов (рис. 4), разработанных с учетом анализа данных о рекламациях и мнении потребителей на базе методологии квалиметрии рисков, позволила выявить вариант рецептуры (рис. 5), обладающей высокими потребительскими свойствами.

Как видно из рисунка 5, экспериментальный образец, выработанный по рецептуре № 3, получил

Таблица 2. Рецептуры творожных продуктов, разработанных с учетом анализа данных о рекламациях и мнении потребителей

Table 2. Formulation of curd products based on the analysis of complaints and consumer opinion

№ п/п	Наименование компонента	Масса компонентов, кг на 1000 кг готового продукта					
		Варианты рецептур					
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
1	Обезжиренный творог	650	550	650	550	650	550
2	Обезжиренное молоко	–	155,7	77,2	64,0	–	151,2
3	Сливки с массовой долей жира 10 %	234,7	–	–	234,7	–	–
4	Сливки с массовой долей жира 15 %	–	178,5	–	–	173,7	–
5	Сливки с массовой долей жира 20 %	–	–	122	–	–	122
6	Сахарный сироп	100	100	130	130	150	150
7	Флукол-Д	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
8	Scanpro T95	5,0	5,5	5,5	6,0	6,0	6,5
9	Криопорошок облепихи	10	10	15	15	20	20
Итого, кг		1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0



Рисунок 4. Квалиметрическая оценка потребительских свойств творожного продукта (рецептура № 3)

Figure 4. Qualimetric assessment of consumer properties of the curd product (formulation No. 3)



Рисунок 5. Результаты расчета комплексного показателя разработанных творожных продуктов

Figure 5. Complex indicator of the curd products

наиболее высокое значение комплексного показателя качества за счет высокой оценки органолептических свойств и диетических характеристик продукции.

Полученные результаты на примере структурированных творожных продуктов свидетельствуют об эффективности применения предложенных этапов разработки продукции на базе методологии квалитметрии рисков и анализа данных о рекламациях и мнении потребителей о качестве продукции.

Выводы

Приведены результаты разработки структурированных молочных продуктов на базе анализа данных о рекламациях и методологии квалитметрии рисков. Установлены популярные у потребителей структурированные молочные продукты и определены коэффициенты весомости их потребительских свойств. Выявлены и ранжированы по частоте обнаружения распространенные причины рекламаций по качеству структурированных молочных продуктов, а также определены технологические риски их возникновения на базе методологии квалитметрии рисков. Сформированы матричные диаграммы, позволяющие отражать и прогнозировать влияние сырьевых, технологических, рецептурных и организационных факторов на риски возникновения несоответствия продукции. Определены значения коэффициентов управляемости возникновения рисков и важность рецептурных факторов как механизма

управления показателями качества продукции. На основании полученных результатов разработана рецептура структурированного творожного продукта, технология его производства и техническая документация.

Предложенный подход эффективен при разработке пищевой продукции и включает в себя следующие этапы: описание продукта, идентификацию рисков, сбор данных о несоответствиях, идентификацию факторов, изучение системы «фактор – риск», поиск решений минимизации рисков, разработку рецептуры и технологии производства продукции.

Критерии авторства

Н. И. Дунченко руководитель проекта В. С. Янковская и К. В. Михайлова – исполнители проводимых исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Contribution

N.I. Dunchenko supervised the project V.S. Yankovskaya and K.V. Mikhaylova performed the research.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Watson G. H. What does quality actually mean? // *Journal for Quality and Participation*. 2017. Vol. 39. № 4. P. 12–14.
2. HACCP – the difficulty with Hazard Analysis / C. A. Wallace [et al.] // *Food Control*. 2004. Vol. 35. № 1. P. 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.07.012>
3. Trafialek J., Kolanowski W. Implementation and functioning of HACCP principles in certified and non-certified food businesses: A preliminary study // *British Food Journal*. 2017. Vol. 119. № 4. P. 710–728. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2016-0313>
4. Hockenberry T. Marketing change: Embrace marketing ideas to impact change management // *Journal for Quality and Participation*. 2018. Vol. 42. № 1. P. 19–21.
5. Castro A. B. C., Silva A. W. P., Sousa J. C. Knowledge management for agricultural development // *Agricultural Research and Technology: Open Access Journal*. 2019. Vol. 22. № 4.
6. Improving the quality of functional fish products based on management and qualimetry methods / V. S. Yankovskaya [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 640. № 6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/6/062001>
7. Плешкова Н. А., Австриевских А. Н., Позняковский В. М. Регулируемые технологические параметры производства в формировании потребительских свойств функционального продукта // *Пищевая промышленность*. 2018. № 8. С. 80–82.
8. Янковская В. С., Дунченко Н. И. Научная концепция моделирования и прогнозирования показателей безопасности и качества пищевых продуктов // *Молочная промышленность*. 2020. № 11. С. 38–39.
9. Quick T. Brief history of continuous improvement // *Journal for Quality and Participation*. 2019. Vol. 42. № 1.
10. Watson G. H. Using the Kano Model as a basis for strategic thinking // *Journal for Quality and Participation*. 2019. Vol. 42. № 3. P. 8–14.
11. Барзов А. А., Корнеева В. М., Корнеев С. С. Вероятностная оценка качества инноваций на ранних этапах их жизненного цикла // *Качество и жизнь*. 2018. Т. 20. № 4. С. 94–100.

12. A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing / S. K. Amit [et al.] // *Agriculture and Food Security*. 2017. Vol. 6. № 1. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0130-8>
13. Varzakas T., Tzia C. *Handbook of food processing: Food preservation*. Boca Raton: CRC Press, 2015. 741 p. <https://doi.org/10.1201/b19397>
14. Pal M., Gebregabiher W., Singh R. K. The role of Hazard Analysis Critical Control Points in food safety // *Beverage and Food World*. 2016. Vol. 43. № 4. P. 33–36.
15. Joshua Q. Food Safety & HACCP Plan Development & Implementation // *Quality Control Solutions*. 2020. № 1. P. 77–94.
16. A design of the quality control and safety mechanism for convenience meat products / N. I. Dunchenko [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 640. № 3. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/3/032008>
17. Wallace C. A., Sperber W. H., Mortimore S. E. *Food safety for the 21st century: Managing HACCP and food safety throughout the global supply chain*. Ed. 2. John Wiley and Sons, 2018. 496 p.
18. Azgaldov G. G., Kostin A. V. Applied qualimetry: its origins, errors and misconceptions // *Benchmarking*. 2011. Vol. 18. № 3. P. 428–444. <https://doi.org/10.1108/14635771111137796>
19. Role of organic products in the implementation of the state policy of healthy nutrition in the russian federation / Z. Yu. Belyakova [et al.] // *Foods and Raw Materials*. 2018. Vol. 6. № 1. P. 4–13. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-4-13>
20. What is food-to-food fortification? A working definition and framework for evaluation of efficiency and implementation of best practices / J. Kruger [et al.] // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. Vol. 19. № 6. P. 3618–3658. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12624>
21. Коростелева М. М., Агаркова Е. Ю. Принципы обогащения пищевых продуктов функциональными ингредиентами // *Молочная промышленность*. 2020. № 11. С. 6–8.
22. Зобкова З. С., Лазарева Е. Г., Шелагинова И. Р. К вопросу разработки научно обоснованных технологий кисломолочных продуктов с повышенной относительной биологической ценностью // *Молочная промышленность*. 2021. № 6. С. 40–42. <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-06-40-42>
23. Probiotics in the dairy industry – Advances and opportunities / J. Gao [et al.] // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018. Vol. 20. № 4. P. 3937–3982. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12755>
24. Кисломолочные продукты и здоровье ребенка / А. И. Хавкин [и др.] // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2020. Т. 65. № 6. С. 155–165. <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2020-65-6-155-165>
25. Antioxidant properties of different milk fermented with lactic acid bacteria and yeast / A. Parrella [et al.] // *International Journal of Food Science and Technology*. 2012. Vol. 47. № 12. P. 2493–2502.
26. Ким И. Н., Одинцова А. А. О фальсификации молока и молочных продуктов // *Экологическая экспертиза*. 2020. № 4. С. 16–41. <https://doi.org/10.36535/0869-1010-2020-04-2>
27. Ye A. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications – A review // *International Journal of Food Science and Technology*. 2008. Vol. 43. № 3. P. 406–415. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01454.x>
28. Development of made-in-transit set culture yoghurt: Effect of increasing the concentration of reconstituted skim milk as the milk base / M.-A.-R. Nor-Khaizura [et al.] // *International Journal of Food Science and Technology*. 2012. Vol. 47. № 3. P. 579–584. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02880.x>
29. Delikanli B., Ozcan T. Improving the textural properties of yogurt fortified with milk proteins // *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017. Vol. 41. № 5. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13101>

References

1. Watson GH. What does quality actually mean? *Journal for Quality and Participation*. 2017;39(4):12–14.
2. Wallace CA, Holyoak L, Powell SC, Dykes FC. HACCP – the difficulty with Hazard Analysis. *Food Control*. 2004;35(1):233–240. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.07.012>
3. Trafialek J, Kolanowski W. Implementation and functioning of HACCP principles in certified and non-certified food businesses: A preliminary study. *British Food Journal*. 2017;119(4):710–728. <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2016-0313>
4. Hockenberry T. Marketing change: Embrace marketing ideas to impact change management. *Journal for Quality and Participation*. 2018;42(1):19–21.
5. Castro ABC, Silva AWP, Sousa JC. Knowledge management for agricultural development. *Agricultural Research and Technology: Open Access Journal*. 2019;22(4).
6. Yankovskaya VS, Dunchenko NI, Voloshina ES, Kuptsova SV, Fedotova OB, Mikhaylova KV. Improving the quality of functional fish products based on management and qualimetry methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;640(6). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/6/062001>

7. Pleshkova NA, Avstrieviskih AN, Poznyakovskij VM. Adjustable technological parameters of production in the formation of consumer properties of a functional product. *Food Industry*. 2018;(8):80–82. (In Russ.).
8. Yankovskaya VS, Dunchenko NI. Scientific concept of modeling and forecasting of food safety and quality indicators. *Dairy Industry*. 2020;(11):38–39. (In Russ.).
9. Quick T. Brief history of continuous improvement. *Journal for Quality and Participation*. 2019;42(1).
10. Watson GH. Using the Kano Model as a basis for strategic thinking. *Journal for Quality and Participation*. 2019;42(3):8–14.
11. Barzov AA, Korneeva VM, Korneev SS. Probabilistic assessment of innovation quality in the early stages of their life cycle. *Quality and Life*. 2018;20(4):94–100. (In Russ.).
12. Amit SK, Uddin MM, Rahman R, Islam SMR, Khan MS. A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing. *Agriculture and Food Security*. 2017;6(1). <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0130-8>
13. Varzakas T, Tzia C. *Handbook of food processing: Food preservation*. Boca Raton: CRC Press; 2015. 741 p. <https://doi.org/10.1201/b19397>
14. Pal M, Gebregabiher W, Singh RK. The role of Hazard Analysis Critical Control Points in food safety. *Beverage and Food World*. 2016;43(4):33–36.
15. Joshua Q. Food Safety & HACCP Plan Development & Implementation. *Quality Control Solutions*. 2020;(1):77–94.
16. Dunchenko NI, Kuptcova SV, Voloshina ES, Yankovskaya VS, Mikhaylova KV, Ginzburg MA. A design of the quality control and safety mechanism for convenience meat products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021;640(3). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/3/032008>
17. Wallace CA, Sperber WH, Mortimore SE. *Food safety for the 21st century: Managing HACCP and food safety throughout the global supply chain*. Ed. 2. John Wiley and Sons; 2018. 496 p.
18. Azgaldov GG, Kostin AV. Applied qualimetry: its origins, errors and misconceptions. *Benchmarking*. 2011;18(3):428–444. <https://doi.org/10.1108/14635771111137796>
19. Belyakova ZYu, Makeeva IA, Stratonova NV, Pryanichnikova NS, Bogatyrev AN, Diel F, *et al.* Role of organic products in the implementation of the state policy of healthy nutrition in the russian federation. *Foods and Raw Materials*. 2018;6(1):4–13. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-4-13>
20. Kruger J, Taylor JRN, Ferruzzi MG, Debelo H. What is food-to-food fortification? A working definition and framework for evaluation of efficiency and implementation of best practices. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018;19(6):3618–3658. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12624>
21. Korosteleva MM, Agarkova EYu. Principles of food fortification with functional ingredients. *Dairy Industry*. 2020;(11):6–8. (In Russ.).
22. Zobkova ZS, Lazareva EG, Shelaginova IR. To the question of development of scientifically based technologies of dairy products with increased relative biological value. *Dairy Industry*. 2021;(6):40–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2021-06-40-42>
23. Gao J, Li X, Zhang G, Sadiq FA, Simal-Gandara J, Xiao J, *et al.* Probiotics in the dairy industry – Advances and opportunities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2018;20(4):3937–3982. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12755>
24. Khavkin AI, Kovtun TA, Makarkin DV, Fedotova OB. Fermented milk products and child health. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2020;65(6):155–165. (In Russ.). <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2020-65-6-155-165>
25. Parrella A, Caterino E, Cangiano M, Criscuolo E, Russo C, Lavorgna M, *et al.* Antioxidant properties of different milk fermented with lactic acid bacteria and yeast. *International Journal of Food Science and Technology*. 2012;47(12):2493–2502. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03127.x>
26. Kim IN, Odintsova AA. O fal'sifikatsii moloka i molochnykh produktov [Falsification of milk and dairy products]. *Ehkologicheskaya ehkspertiza [Ecological Expertise]*. 2020;(4):16–41. (In Russ.). <https://doi.org/10.36535/0869-1010-2020-04-2>
27. Ye A. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: Principles and applications –A review. *International Journal of Food Science and Technology*. 2008;43(3):406–415. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01454.x>
28. Nor-Khaizura M-A-R, Flint SH, Mccarthy OJ, Palmer JS, Golding M, Jaworska A. Development of made-in-transit set culture yoghurt: Effect of increasing the concentration of reconstituted skim milk as the milk base. *International Journal of Food Science and Technology*. 2012;47(3):579–584. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02880.x>
29. Delikanli B, Ozcan T. Improving the textural properties of yogurt fortified with milk proteins. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2017;41(5). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13101>

Региональный опыт поддержки развития сельскохозяйственной потребительской кооперации



Н. М. Сурай^{1,*}, М. Г. Миргородская², А. Н. Кураев²,
П. С. Бурланков², Ю. В. Мельникова²

¹ Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова^{ROR}, Москва, Россия

² Московский государственный университет технологий и управления
имени К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)^{ROR}, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 30.08.2021

Принята после рецензирования: 20.09.2021

Принята в печать: 14.02.2022

*e-mail: natalya.mixajlovna.1979@mail.ru

© Н. М. Сурай, М. Г. Миргородская, А. Н. Кураев,
П. С. Бурланков, Ю. В. Мельникова, 2022



Аннотация.

Развитие сельскохозяйственной потребительской кооперации в России является одним из основных направлений обеспечения национальной продовольственной безопасности. Целью работы является анализ современного состояния и опыта развития сельскохозяйственной потребительской кооперации на примерах Липецкой области, Алтайского края и Республики Татарстан, а также определение перспектив их развития.

Объектами являлись сельскохозяйственные потребительские кооперативы и рыночная среда, в условиях которой они создаются и развиваются. Использованы эмпирические методы, методы анализа и синтеза, моделирования и абстрагирования.

В работе проанализированы модели формирования и развития сельскохозяйственной кооперации на региональных уровнях. В Липецкой области ежегодно наблюдается рост числа сельскохозяйственных потребительских кооперативов. Этому способствует эффективно функционирующая трехуровневая система управления развитием кооперации «область – район – поселение», а также высокопроизводительная деятельность институтов развития кооперации. В Алтайском крае разработана и реализована пилотная модель создания сельскохозяйственного потребительского кооператива. В основе данной модели заложен принцип объединения глав крестьянских (фермерских) хозяйств, получивших грант «Агростартап» и занимающихся производством продукции животноводства, с последующей реализацией произведенной продукции в кооператив. В Республике Татарстан сельскохозяйственная потребительская кооперация развивается и действует по моделям, которые разрабатываются для каждого района и поддерживаются региональными властями.

Липецкая область стала пилотным регионом в развитии системы кооперации. В качестве эффективной модели целесообразно использовать трехуровневое управление развитием кооперации, координируя усилия местных органов самоуправления и региональных органов власти в цепочке поселение – район – область. Реализация комплексного подхода позволит сформировать эффективную региональную систему сельскохозяйственной потребительской кооперации РФ.

Ключевые слова. Кооператив, малые формы хозяйствования, сельское хозяйство, государственная поддержка, центры компетенций, гранты

Для цитирования: Региональный опыт поддержки развития сельскохозяйственной потребительской кооперации / Н. М. Сурай [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 13–31. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-13-31>

Regional Experience in Supporting the Development of Agricultural Consumer Cooperation

Natalya M. Suray^{1,*}, Marina G. Mirgorodskaya²,
Aleksey N. Kuraev², Petr S. Burlankov², Yulia V. Melnikova²

¹ Plekhanov Russian University of Economics^{ROR}, Moscow, Russia

² K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University)^{ROR}, Moscow, Russia

Received: 30.08.2021

Revised: 20.09.2021

Accepted: 14.02.2022

*e-mail mail: natalya.mixajlovna.1979@mail.ru

© N.M. Suray, M.G. Mirgorodskaya, A.N. Kuraev,
P.S. Burlankov, Yu.V. Melnikova, 2022



Abstract.

The development of agricultural consumer cooperation in Russia is one of the main tasks of national food security. The research objective was to analyze the current state of agricultural consumer cooperation in the Lipetsk region, Altai Territory, and the Republic of Tatarstan, as well as their development prospects

The research featured agricultural consumer cooperatives and their market environment. It was based on empirical methods, analysis, synthesis, modeling, and abstraction.

The paper introduces various patterns of formation and development of agricultural cooperation at the regional level. In the Lipetsk region, the number of agricultural consumer cooperatives was found to increase every year. The regional three-level system for managing the development of “region – district – settlement” cooperation proved to be very effective, as did the local cooperation development institutions. The Altai territory appeared to have implemented a pilot model of agricultural consumer cooperation. This model allows cattle farmers who received financial support from the Agrostartup to sell their products to a cooperative. In the Republic of Tatarstan, agricultural consumer cooperation is based on models that are specific for each area. The Lipetsk region appeared to be on the cutting edge of cooperation development. The three-level management they use coordinates the efforts of local authorities and regional governments in the chain “settlement – district – region”. This integrated approach provides an effective regional system of agricultural consumer cooperation in the Russian Federation.

Keywords. Cooperative, small businesses, agriculture, government support, competence centers, grants

For citation: Suray NM, Mirgorodskaya MG, Kuraev AN, Burlankov PS, Melnikova YuV. Regional Experience in Supporting the Development of Agricultural Consumer Cooperation. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):13–31. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-13-31>

Введение

Развитие малых форм хозяйствования и адекватных им структур рыночной интеграции – сельскохозяйственных потребительских кооперативов – не конъюнктурная задача, а долгосрочная стратегия. Объединение в кооператив предпринимательских инициатив позволяет получить синергетический эффект от снижения издержек на производство продукции и услуг, а также использовать возможности частно-государственного партнерства на благо развития территории сельского поселения [1].

Одним из главных приоритетов государственной политики Российской Федерации является совершенствование малых форм бизнеса. Именно малые формы хозяйствования формируют базу для совершенствования отечественной сельскохозяйственной потребительской кооперации. Во

всем мире сельскохозяйственная потребительская кооперация малых форм хозяйствования занимает значимое положение в агропромышленном кластере. По данным Coopde France, во Франции 75 % фермерских хозяйств принадлежат хотя бы одному кооперативу. Кроме того, 66 из 100 ведущих кооперативов связаны с сельским хозяйством или пищевой промышленностью [2]. Общее число фермерских кооперативов в Соединенных Штатах сократилось с 2000 по 2020 гг. с 3300 до менее чем 2000 [3].

В России по итогам 2017 г. объем производства валовой продукции животноводства, произведенной в хозяйствах населения, превысил объем валовой продукции сельскохозяйственных организаций. Фермерские (крестьянские) хозяйства наращивают производство животноводческой продукции.

Это свидетельствует о заинтересованности национальной сельской экономики в объединении малых форм бизнеса в сельскохозяйственные потребительские кооперативы. Президент саморегулируемой организации «Российский союз сельскохозяйственных кооперативов “Чаянов”» В. Ф. Вершинин подчеркивает, что «Сельскохозяйственная потребительская кооперация России делает первые шаги к своему возрождению. Для того чтобы она стала значительным фактором отечественного сельского хозяйства, необходимо решение таких проблем, как четкое определение субъектов кооперации, справедливое и разумное решение земельной проблемы» [4].

Российский экономист А. В. Чаянов в своих работах отмечал гибкость и большую приспособляемость кооперативных форм хозяйствования к местным условиям и изменяющейся рыночной конъюнктуре. «Кооперация ... является аппаратом, там, где в каждом отдельном случае надо гибко приспособляться к местным условиям и учитывать мельчайшие особенности каждого местечка и каждого места работы».

Совершенствование концепции организационного развития сельскохозяйственной потребительской кооперации повышает экономический потенциал страны, усиливает конкурентные преимущества и социальный статус сельскохозяйственных товаропроизводителей, формирует благоприятные условия хозяйствования и образует стимулы для роста товарной продукции. Сельскохозяйственная потребительская кооперация содействует росту производства различных видов продукции, созданию новых рабочих мест, повышению доходности в сельском хозяйстве, ведению рентабельного производства, объединяя все субъекты, участвующие в производстве, переработке и продвижении продукции от производства до потребителя (по принципу от «поля до прилавка»).

Сдерживающими факторами развития малых форм хозяйствования на селе являются невысокий уровень рентабельности производства, низкий уровень технико-технологического развития, ограниченный доступ к объектам производственной, рыночной и логистической инфраструктуры, слабый уровень развития сельскохозяйственной потребительской кооперации и агропромышленной интеграции, кадровая проблема, а также неустойчивое социально-экономическое развитие сельских территорий [5].

В 2018 г. Президент Российской Федерации В. В. Путин подписал Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ до 2024 года». Данный Указ закрепил за сельскохозяйственной потребительской кооперацией статус задачи государственного масштаба. В масштабах страны исполняется национальный проект «Малое и среднее предпринимательство и поддержка ин-

дивидуальной инициативы». В России ежегодно проводится Всероссийский съезд сельских кооператоров. В 2021 г. в Москве состоялся XXXII съезд Ассоциации крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов России. Учитывая растущий вклад российского фермерства в продовольственное обеспечение страны, а также решение социально-экономических проблем сельской местности, государство активно осуществляет политику, направленную на поддержку фермерского уклада. Сущность этой политики сформулировал В. В. Путин в приветствии XXXI съезду: «Государство будет существенно наращивать поддержку фермерства, способствовать повышению его конкурентоспособности, продвижению наиболее эффективных форм сельскохозяйственной кооперации. Фермеры трудятся во всех сферах АПК, активно внедряют передовые технологии, расширяют площади сельхозугодий, увеличивают объемы продовольствия, выпускают продукцию, отвечающую современным мировым стандартам» [6].

В мировом сообществе базой развития сельского хозяйства являются фермеры, которые введены в систему кооперативов или в систему интеграции с более крупными компаниями. Например, компании Valio или Campina являются сельскохозяйственными кооперативами фермеров.

Правительство Эфиопии поощряет кооперативы как одно из основных направлений политики поддержки предоставления услуг. Данная политика направлена на стимулирование преобразований в сельском хозяйстве, повышение продовольственной безопасности и сокращение масштабов нищеты в сельских районах. В результате правительственной стратегии индустриализации, ориентированной на развитие сельского хозяйства, начатой в 1990 г., число кооперативов в сельскохозяйственном секторе Эфиопии растет. Согласно опросу, проведенному Агентством по трансформации сельского хозяйства, кооперативный сектор в Эфиопии вырос на 87 % за последние пять лет. Число кооперативов увеличилось в региональных штатах Тыграй, Оромия и Сомали [7].

В Великобритании фермерство представляет собой семейный бизнес, где число работников составляет от 2 до 5 человек. При этом Великобритания производит более 75 % сельскохозяйственных продуктов, потребляемых населением. Развитие фермерства определяют как природно-климатические, так и социально-экономические условия стран [8].

Для получения положительного эффекта в области расширения сельских районов среди мелких производителей необходима более организованная стратегия, такая как расширение доступа к сельским кредитам. Это повысит вероятность доступа к услугам, новым технологиям и знаниям, которые уже используются крупными фермами [9]. Местная

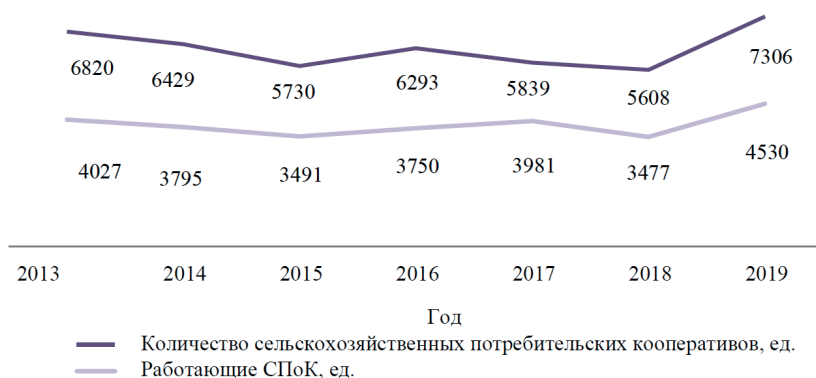


Рисунок 1. Динамика развития сельскохозяйственных потребительских кооперативов в России за период 2013–2019 гг.

Figure 1. Agricultural consumer cooperatives in the Russia in 2013–2019

промышленная политика в Китае играет важную роль в условиях рыночных сбоев в развитии сельскохозяйственных кластеров. Местные власти реализовали серию промышленных политик для содействия прогрессу чайной промышленности на различных этапах развития [10].

Программа стратегического развития России предполагает интенсивное использование научно-технического потенциала и смещение акцентов в сторону инновационного производства [11]. В России по итогам 2019 г. число сельскохозяйственных кооперативов увеличилось на 30,3 % по сравнению с 2018 г. (рис. 1).

Самыми распространенными видами поддержки в России являются: поддержка в виде грантов; формирование центров компетенций, которые доводят до личных подсобных хозяйств и членов-фермеров сельскохозяйственных кооперативов информацию о комплексе мер для их поддержки; создание условий для участия сельскохозяйственных кооперативов в выставках и ярмарках; помощь в организации курсов, помогающих организовать процесс для руководящего состава и специалистов сельскохозяйственной кооперации. Ведется активная работа по организации оптово-распределительных центров, учредителем в которых является сельскохозяйственный кооператив. Государство создает малому бизнесу условия для развития в виде ведомственных целевых программ.

Однако кооперативное движение должной организационной поддержки не получило. Все большее значение приобретают услуги снабженческо-сбытовых и перерабатывающих кооперативов. Однако средний и крупный бизнес не заинтересован в таком сотрудничестве, т. к. это влечет за собой рост затрат их собственного производства, дополнительную нагрузку на бухгалтерскую службу, утрату маржи от разницы в закупочных ценах, которую придется возвращать поставщикам сырья, и необходимость раскрывать собственную бухгалтерскую отчетность.

Решение этих проблем требует консолидации усилий районных и региональных органов управления по пропаганде и поддержке кооперативного движения, поиска стимулов для среднего бизнеса, а также работу с мелкими поставщиками сельхозсырья и подготовку специалистов.

Роль сельскохозяйственной потребительской кооперации в современной экономике состоит в объединении без потерь юридической и хозяйственной самостоятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей с целью создания условий для их экономического развития путем повышения товарности, конкурентоспособности производимой продукции и обеспечения доступности ее реализации на региональном, национальном и мировом рынках.

Целью работы является анализ современного состояния и опыта развития сельскохозяйственной потребительской кооперации на примерах Липецкой области, Алтайского края и Республики Татарстан, а также определение перспектив их развития.

Потенциал развития кооперации в анализируемых регионах определен рядом особенностей функционирования малых форм хозяйствования. Анализируемые регионы во взаимодействии с Федеральной корпорацией МСП занимаются вопросами формирования комплексной системы развития сельскохозяйственной кооперации, направленной на повышение эффективности и доходности сельскохозяйственного производства в сельской местности, в том числе малых форм хозяйствования; увеличения количества действующих сельскохозяйственных кооперативов; создания новых рабочих мест в сельской местности. Для этих целей в регионах разработаны дополнительные меры, направленные на стимулирование развития сельскохозяйственной кооперации, и приняты «дорожные карты» по их реализации.

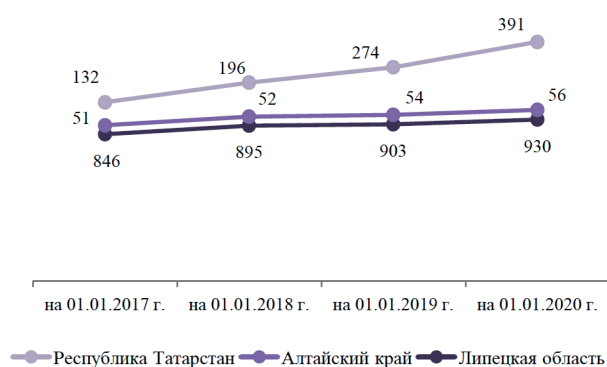


Рисунок 2. Динамика развития числа сельскохозяйственных потребительских кооперативов в Липецкой области, Республике Татарстан и Алтайском крае за период 2017–2020 гг., ед.

Figure 2. Agricultural consumer cooperatives in the Lipetsk region, the Republic of Tatarstan, and the Altai Territory in 2017–2020, units

Объекты и методы исследования

Теоретическую основу исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых-экономистов в области развития малых форм хозяйствования и сельскохозяйственных потребительских кооперативов, опубликованные в специализированных научных и периодических изданиях.

Объектами исследования выступили сельскохозяйственные потребительские кооперативы и рыночная среда, в условиях которой они создаются и развиваются.

В процессе исследования использовались монографический, экономико-статистический и сравнительный анализ, а также другие методы экономических исследований.

Информационной базой исследования стали законодательные и нормативно-правовые акты Российской Федерации, официальные данные Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, материалы Министерства сельского хозяйства РФ, материалы интервью, а также данные управлений сельского хозяйства исследуемых территорий, данные официального сайта Ассоциации крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов России.

Научная новизна данной работы заключается в обобщении результатов исследования современного состояния сельскохозяйственной потребительской кооперации в Липецкой области, Алтайском крае и Республики Татарстан, а также в систематизации тенденций ее развития.

Результаты и их обсуждение

По итогам 2017 г. Липецкая область, Алтайский край и Республика Татарстан определены пилотными территориями, в которых коллегиально с АО «Федеральная корпорация по развитию малого и среднего предпринимательства» разрабатываются эффективные способы поддержки сельскохозяйственной потребительской кооперации.

Анализ данных показал, что Липецкая область, Алтайский край и Республика Татарстан различаются по уровню и тенденциям развития сельскохозяйственной потребительской кооперации. По состоянию на 1 января 2021 г. в Липецкой области число сельскохозяйственных потребительских кооперативов составило 906 единиц, в Республике Татарстан и Алтайском крае их количество достигло 56 и 391 единиц соответственно (рис. 2).

Доля работающих сельскохозяйственных потребительских кооперативов в Липецкой области составляет около 95,5 %. Кооперативы второго и последующих уровней – 21 единица. По итогам 2020 г. создано всего 2 кооператива. Это обусловлено запретом на массовые мероприятия в связи с введением ограничительных мер по COVID-19.

Как показывают данные рисунка 2, в Липецкой области ежегодно наблюдается увеличение числа сельскохозяйственных потребительских кооперативов. Этому содействует эффективно функционирующая трехуровневая система управления развитием кооперации «область – район – поселение», а также высокопроизводительная деятельность институтов развития кооперации (рис. 3) [8, 12].

На областном уровне администрация региона и исполнительные органы власти обеспечивают координацию работы всех уровней систем, государственную поддержку развития кооперативов по 20 направлениям (субсидии, гранты и налоговые льготы), создают инфраструктуру сбыта кооперативной продукции. На районном уровне функционируют координационные центры, которые проводят работу с координаторами в поселениях, предлагают ориентиры дальнейшего развития и обеспечивают информационную поддержку. На уровне поселений координаторами являются главы муниципальных образований. Они проводят работу с населением, осуществляют поиск инициативных людей и информируют о преимуществах развития кооперации.

В 2021 г. на поддержку сельскохозяйственных потребительских кооперативов из федерального и областного бюджетов Липецкой области предоставлено 45 млн руб. Минимальная субсидия составила 3 млн 670 тыс. руб., максимальная – 14 млн 700 тыс. руб. Сельскохозяйственные кооперативы-грантополучатели планируют заниматься переработкой птицы, производством полуфабрикатов, колбасных изделий, комбикормов,



Рисунок 3. Модель трехуровневой системы управления развитием кооперации в Липецкой области [13]

Figure 3. Three-level management system of cooperation development in the Lipetsk region [13]

хлебобулочных изделий и хлебопекарной продукции, доработкой овощей, а также приобрести необходимую сельхозтехнику.

В 2021 г. в рамках государственной программы «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия Липецкой области» выделены гранты начинающим фермерам на сумму 95,3 млн руб., семейным фермам – 37,9 млн руб., сельскохозяйственным потребительским кооперативам – 57,4 млн руб. С помощью грантов члены кооперативов планируют организовать и модернизировать кооперативные цеха по

переработке мясного сырья, молока-сырья, продукции пчеловодства и шоковой заморозки картофеля.

Сельскохозяйственным потребительским кооперативам в рамках государственной программы «Развитие кооперации и коллективных форм собственности в Липецкой области» из областного бюджета предоставлены субсидии на приобретение сельскохозяйственного оборудования, животных, кормов и семян в размере 17,1 млн руб. В рамках государственной программы Липецкой области действует государственная поддержка, которая предусматривает субсидии:

Таблица 1. Государственная поддержка сельскохозяйственных потребительских кооперативов в Липецкой области, 2021 г.

Table 1. State support for agricultural consumer cooperatives in the Lipetsk region, 2021

Направление	Сумма, млн руб.
Общий объем государственной поддержки	45,0
Стимулирующая субсидия: – поддержка малых форм хозяйствования	86,4
Региональный проект «Акселерация субъектов малого и среднего предпринимательства»: – субсидии сельскохозяйственным потребительским кооперативам, являющимся субъектами МСП	97,1
– приобретение сельскохозяйственной техники и специализированного автотранспорта (предоставление субсидий на приобретение маточного поголовья мясного КРС)	15,8
– закупка сельскохозяйственной продукции у членов сельскохозяйственных потребительских кооперативов (возмещение до 15 % затрат)	5,6
– приобретение имущества в целях передачи его в собственность СПоК (возмещение до 50 % затрат, но не более 3 млн руб. на один СПоК)	13,7

– сельскохозяйственным потребительским кооперативам на возмещение части затрат на строительство, реконструкцию и модернизацию (включая приобретение оборудования и складской техники) сельскохозяйственных кооперативных рынков;

– сельскохозяйственным потребительским кооперативам на возмещение части затрат, направленных на разработку и/или регистрацию товарного знака производимой сельскохозяйственной продукции;

– сельскохозяйственным потребительским кооперативам второго уровня, союзам кооперативов на возмещение части затрат на разработку и/или регистрацию единого товарного знака (логотипа, бренда);

– сельскохозяйственным потребительским кооперативам на возмещение части затрат по уплате процентов за пользование кредитами, полученными в кредитных организациях и направленными на строительство, реконструкцию и ремонт сельскохозяйственных кооперативных рынков и стационарных розничных предприятий по торговле сельскохозяйственной продукцией.

Объем финансирования на развитие кооперации различных направлений деятельности составил 29,5 млн руб. На выполнение регионально значимых направлений в сфере сельскохозяйственной кооперации выделено 213 млн руб., в том числе 114,8 млн руб. из средств федерального бюджета, 129,5 млн руб. из областного бюджета (табл. 1).

В рамках регионального проекта «Создание системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации» на 1 января 2021 г. выделена финансовая поддержка 7 сельскохозяйственным потребительским кооперативам на сумму

24,4 млн руб. и 25 крестьянским (фермерским) хозяйствам в форме гранта «Агростартап» на сумму 72,3 млн руб. (средний размер гранта 2,9 млн руб.). Среди поддержанных проектов есть те, которые связаны с мясо-молочным скотоводством и овцеводством, пчеловодством, овощеводством, выращиванием земляники и малины и даже ореховодством.

В целях оказания поддержки сельскохозяйственным потребительским кооперативам функционирует некоммерческая микрокредитная компания «Липецкий областной фонд поддержки малого и среднего предпринимательства», предоставившая по итогам 2020 г. займы 121 крестьянским (фермерским) хозяйствам на сумму 188,8 млн руб. и 65 сельскохозяйственным потребительским кооперативам на сумму 76,3 млн руб. Активно осуществляет деятельность центр компетенций агропромышленного комплекса Липецкой области, оказывающий разнообразный перечень услуг малому сельскому бизнесу: консультирование, подготовка документов на получение государственной поддержки, кредитов, лизинга, бухгалтерское и налоговое сопровождение и т. д. В 2020 г. получателями услуг явились 506 КФХ, 47 СПоК и 354 ЛПХ. Центром компетенций проведено 19 семинаров по вопросам развития малых форм хозяйствования, в которых проинформировано 699 человек о государственной поддержке сельскохозяйственной потребительской кооперации, об организации крестьянских (фермерских) хозяйств и о земельных отношениях.

Алтайский край является одним из крупнейших аграрных регионов Российской Федерации. Отличительной особенностью региона является

высокая доля сельского населения – 43 % (по России – 26,1 %). В Алтайском крае функционирует 56 сельскохозяйственных потребительских кооперативов. Ключевыми направлениями их деятельности являются мясное, молочное, масложировое и свеклосахарное производство, а также производство органической продукции. В регионе наблюдаются средние темпы развития сельскохозяйственной потребительской кооперации и интеграционных связей между хозяйствующими субъектами агропромышленного сектора. Ключевыми проблемами на пути к развитию обозначенных интеграционных связей являются высокая предпринимательская активность торгово-посреднических структур на рынке сельскохозяйственной продукции и монопольные действия заготовительных, перерабатывающих, торговых предприятий и организаций, поставщиков и подрядчиков.

Перед Алтайским краем поставлена задача в рамках федерального проекта «Создание системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации» к 2024 г. обеспечить вовлечение в малое и среднее предпринимательство не менее 1032 субъектов, ведущих активную деятельность в сельском хозяйстве. В связи с этим в Алтайском крае, одном из первых среди регионов России, в рамках выше обозначенного регионального проекта разработана и реализована пилотная модель создания сельскохозяйственного потребительского кооператива (рис. 4).

В основе данной модели заложен принцип объединения глав крестьянских (фермерских) хозяйств, получивших грант «Агростартап» и занимающихся производством продукции животноводства с последующей ее реализацией в кооператив. Кооператив концентрирует в своей деятельности крупные объемы сырья (например, сырого молока) и обеспечивает его первичную обработку и реализацию на молочный завод по цене, равной цене продукции крупных хозяйств.

С 2021 г. региональный проект «Создание системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации» вошел в состав регионального проекта «Акселерация субъектов малого и среднего предпринимательства». Реализация данного проекта предоставляет возможность сельскохозяйственным кооперативам получить государственную поддержку. Приоритетное и социально значимое направление поддержки – развитие молочного животноводства, сбор и транспортировка молока до перерабатывающего предприятия. В 2019 г. в регионе реализуют пилотные проекты – сельскохозяйственные потребительские кооперативы «АгроСтарт» в Немецком национальном районе и «Фортуна» в Волчихинском районе. В их состав входят 17 аграриев, общая сумма поддержки которых составила 64 млн руб. Средства направлены на формирование материально-технической базы кооперативов для сбора и переработки молока, приобретения главами крестьянских фермерских хозяйств поголовья сельскохозяйственных

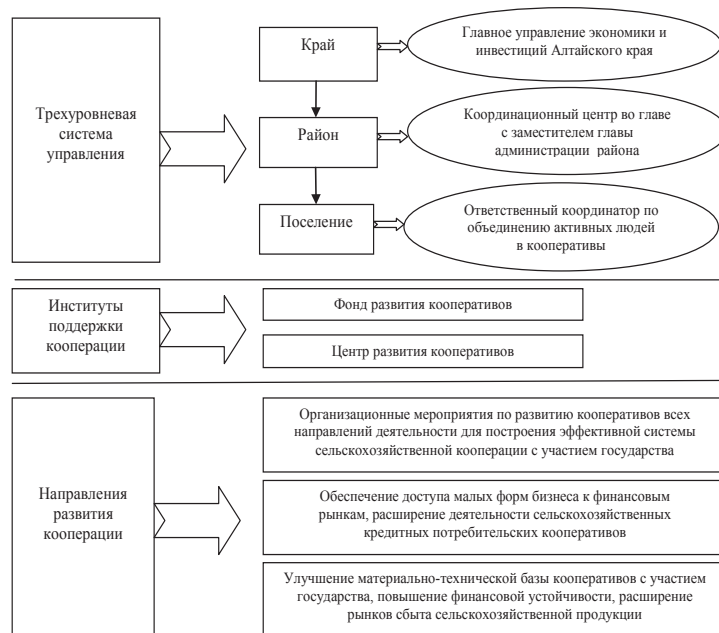


Рисунок 4. Модель развития системы кооперации Алтайского края

Figure 4. Development model of the cooperation system in the Altai Territory

животных, животноводческого оборудования и сельскохозяйственной техники.

В рамках национального проекта в 2021 г. в Алтайском крае реализуются три региональных проекта: «Создание благоприятных условий для осуществления деятельности самозанятыми гражданами»; «Создание условий для легкого старта и комфортного ведения бизнеса» и «Акселерация субъектов малого и среднего предпринимательства». На их реализацию в 2021 г. предусмотрено 243,5 млн руб. бюджетных средств. Они распределяются на оказание различных форм государственной поддержки, включая займы, гранты, образовательные программы и информационно-консультационное сопровождение (табл. 2).

В 2019 г. на основе данной модели на территориях сельских поселений Волчихинского и Немецкого национальных районов Алтайского края организованы два сельскохозяйственных потребительских кооператива – «Фортуна» и «АгроСтарт». По итогам 2019 г. получателями гранта «Агrostартап» произведено 141 т молока, 9 т скота и птицы на убой. Выручка от реализации сельскохозяйственной продукции составила 2,3 млн руб., образовано 36 новых постоянных рабочих мест. В 2020 г. государственную поддержку получили 14 агrostартапов. В 2019 г. в регионе было создано два кооператива в Волчихинском и Немецком национальных районах, в которых вошли 17 фермеров. В 2020 г. создан сельскохозяйственный потребительский кооператив «Млечный путь», который объединил 12 аграриев Чарышского и Краснощековского районов. На развитие материально-технической базы кооператива выделено 42 млн руб. В 2021 г. государственную поддержку в сумме 40 млн руб. выделили на образование и развитие кооператива «Агrostарт-Шипуново» Шипуновского района. В настоящее время приобретено более 180 голов молочного скота, два трактора для кормозаготовки,

три автомобиля для транспортировки молока, а также оборудование для закупа и транспортировки молока.

В целях реализации национальных целей, которые обозначены в Указе Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», в Алтайском крае разработан и действует региональный проект «Создание системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации». Проект предусматривает дополнительные способы государственной поддержки развития фермерских хозяйств («Агrostартапов») и сельскохозяйственной потребительской кооперации.

В 2019 г. в Алтайском крае поддержка малых форм бизнеса в сельской местности осуществлялась в рамках подпрограммы «Поддержка развития сельскохозяйственной кооперации и малых форм хозяйствования» государственной программы «Развитие сельского хозяйства Алтайского края» по следующим направлениям: «единая» субсидия в размере 150,2 млн руб. и реализация мероприятий в рамках регионального проекта в размере 64,3 млн руб. Таким образом, за 2012–2019 гг. реализации мероприятия «Предоставление грантов на поддержку начинающих фермеров» предоставлено 272 проекта, направленных на техническое оснащение материально-производственной базы и бытовое обустройство крестьянских (фермерских) хозяйств. Это позволило обеспечить техническое оснащение производства сельскохозяйственного бизнеса и сохранить темпы роста производства продукции в нем. Лидерами конкурсного отбора признаны начинающие фермеры из 52 районов Алтайского края. Высокую активность проявили фермеры Чарышского, Алтайского, Краснощековского, Троицкого, Волчихинского, Смоленского и Тальменского муниципальных районов. В 2019 г. средний размер одного гранта, предоставленного сельскохозяйственному потребительскому кооперативу, составил 12,5 млн руб.

Таблица 2. Государственная поддержка сельскохозяйственных потребительских кооперативов в Алтайском крае, 2021 г

Table 2. Support for agricultural consumer cooperatives in the Altai Territory, 2021

Направление	Сумма
Грантовая поддержка сельскохозяйственных потребительских кооперативов для развития их материально-технической базы:	
– из средств федерального бюджета, тыс. руб.	20 000,0
– из средств краевого бюджета, тыс. руб.	202,0
Субсидии на развитие сельскохозяйственных потребительских кооперативов по запуску сельскохозяйственной продукции у членов кооперативов, млн руб.	4,2
Реализация регионального проекта «Создание системы поддержки фермеров и развития сельской кооперации»:	
– из средств федерального бюджета, тыс. руб.	72 922,8
– из средств краевого бюджета, тыс. руб.	736,6

В 2021 г. на выплату субсидий по грантовой поддержке сельскохозяйственных потребительских кооперативов для развития их материально-технической базы предусмотрено из средств федерального бюджета 20 000,0 тыс. руб., а из средств краевого бюджета – 202,0 тыс. руб.

Меры финансовой поддержки, направленные на развитие сельскохозяйственной потребительской кооперации в Алтайском крае:

- предоставление грантов на развитие материально-технической базы сельскохозяйственных потребительских кооперативов, семейных животноводческих ферм, созданных на базе крестьянских (фермерских) хозяйств, а также на поддержку начинающих фермерских хозяйств;
- предоставление кооперативам и их членам микрозаймов и поручительств некоммерческими организациями «Алтайский гарантийный фонд» и НО МК «Алтайский фонд микрозаймов»;
- предоставление субсидий на развитие материально-технической базы сельскохозяйственных потребительских кооперативов в размере 25,0 млн руб., из них за счет средств федерального бюджета – 23,75 млн руб., краевого бюджета – 1,25 млн руб.;
- предоставление субсидий на развитие семейных животноводческих ферм на базе крестьянских (фермерских) хозяйств в размере 40,0 млн руб., из них за счет средств федерального бюджета – 38,0 млн руб., краевого бюджета – 2,0 млн руб.;
- предоставление субсидий на поддержку начинающих фермеров в размере 75,0 млн руб., из них за счет средств федерального бюджета – 71,25 млн руб., краевого бюджета – 3,75 млн руб.;
- внедрение в каталог гарантийных продуктов НО «Алтайский гарантийный фонд» программы предоставления поручительств «Кооперация»;
- содействие в вовлечении кооперативов и их членов в приобретение с помощью средств Алтайского краевого лизингового фонда техники и оборудования посредством использования механизма лизинга (финансовой аренды).

Республика Татарстан входит в тройку лидеров среди субъектов Российской Федерации по объему валовой сельскохозяйственной продукции. Она занимает 2,3 % сельскохозяйственных угодий страны. Преимущества Республики Татарстан в современных условиях определяют высокий уровень финансовой и организационной поддержки агропромышленного комплекса, а также значительная роль крупных модернизированных агрохолдингов. В республике разработана и действует дорожная карта по развитию сельскохозяйственной кооперации.

Государственная программа «Развитие сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Республике Татарстан на 2013 – 2025 годы» предусматривает поддержку малых

форм агробизнеса по отдельной подпрограмме «Поддержка малых форм хозяйствования». Программа предусматривает устойчивое развитие сельских территорий через организацию и развитие производства товарной продукции в формате семейных ферм, личных подсобных хозяйств, крестьянских фермерских хозяйств и сельскохозяйственных потребительских кооперативов.

В республике действует Концепция развития потребительской кооперации на 2021–2025 гг. Реализация концепции должна обеспечить повышение роли организаций потребительской кооперации в развитии заготовительной, производственной и торговой деятельности в сельских населенных пунктах Республики Татарстан, а также способствовать повышению трудовой занятости жителей. Главной ее целью является оказание государственной поддержки доходогенерирующим проектам (ДГП), основанным на гражданских инициативах по объединению в кооперативы. ДГП является объектом коллективного пользования и включает в себя движимое и недвижимое имущество: специализированную сельскохозяйственную технику и оборудование (комбайны, тракторы, транспортные средства для перевозки сельхозпродукции, специализированное оборудование для погрузки и разгрузки, транспортеры), высокотехнологичное специализированное оборудование по обработке и для переработки сельхозпродукции (линии мойки, калибровки и расфасовки, оборудование для охлаждения и хранения), а также лабораторное оборудование для проведения исследований. Членами кооператива при участии властей на территории муниципалитета создается генерирующий доход объект (модуль для охлаждения молока или для обработки и фасовки ягод, овощей). Участники кооператива получают этот объект в пользование. Государство (в лице муниципалитета) выступает в качестве инвестора, финансирующего имущественный комплекс общего пользования. Муниципалитет устанавливает с кооперативом, который использует этот комплекс, арендные отношения. В стоимость аренды включаются амортизационные отчисления, коммунальные платежи и ряд накладных налоговых расходов. Далее выполняются работы по регистрации объекта и постановке на баланс администрации сельского поселения. Создание такого комплекса позволяет увеличить доходность сельского труда минимум на 25 %.

Для кооперативов предусмотрена поддержка с грантом до 70 млн руб. С начала 2021 г. около 152 хозяйств получили поддержку по программам развития семейных ферм, «Начинающий фермер» и «Агробизнес» на общую сумму 889 млн руб. Также на субсидирование сельскохозяйствен-

ных потребительских кооперативов выделено 98,847 млн руб., в том числе из бюджета Республики – 18,781 млн руб. (табл. 3).

В результате этих мероприятий поголовье молочного стада увеличилось на 4,8 тыс. голов, лошадей – на 1,7 тыс., овец – свыше 2,2 тыс. В республике создано 500 новых рабочих мест. Помимо региональных грантов и субсидий, республика участвует в национальном проекте «Создание систем поддержки фермеров и развитие сельской кооперации», на финансирование которого в 2021 г. получено 327 млн руб.

Специфика Республики Татарстан заключается в реализации региональных инициатив и программ поддержки сельского хозяйства, в том числе мелких хозяйств. Однако проблемой является отсутствие разветвленной с оптимально расположенными звеньями системы сбыта продукции мелких хозяйств. Это имеет особое значение не только для развития частного животноводства и растениеводства, но и сохранения сельского населения. В регионе сельскохозяйственная потребительская кооперация развивается и действует по моделям, которые разрабатываются для каждого района с поиском подходящих фермерских хозяйств и с поддержкой региональных властей. В республике в целях расширения возможностей продвижения сельскохозяйственной продукции образован сельскохозяйственный кооператив второго уровня, который состоит из 10 сельскохозяйственных потребительских кооперативов: «Искра» Тукаевского района, «Рассвет» и «Синергия» Арского района,

«Каймак» Сабинского района, «Амирхан» Кукморского района, «Заготпром» Нурлатского района, «Каймак» Спасского района, «Шушма» Балтасинского района, «НИВА» Мензелинского района, «Юлдуз» Кайбицкого района. Кооперативы первого уровня получают сбытовое сопровождение от Министерства сельского хозяйства РФ, в частности заключают договоры с ритейлерами как сетевого характера, так и формата «у дома».

На современном этапе развития сельской экономики малые формы бизнеса являются базой государства в решении глобальных социально-экономических проблем, а также становятся источником создания новых рабочих мест, способствуя сокращению уровня безработицы и трудовой миграции сельского населения, развитию конкурентной среды и насыщению продовольственного рынка. В их пользовании находится около 30 % всех сельскохозяйственных угодий России. Более половины сельскохозяйственной продукции производится мелкими агарными товаропроизводителями. Помимо высоких производственных показателей, крестьянские (фермерские) хозяйства обеспечивают обустройство сельских территорий: развивают инфраструктуру, оказывают поддержку личным подсобным хозяйствам граждан, создают новые рабочие места, содействуют сохранению сельских поселений и решению демографических вопросов.

По состоянию на 1 января 2020 г. на территории страны функционирует 176,3 тыс. крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей в сельскохозяйственном

Таблица 3. Государственная поддержка сельскохозяйственных потребительских кооперативов в Республике Татарстан, 2020 г.

Table 3. State support for agricultural consumer cooperatives in the Republic of Tatarstan, 2020

Направление	Сумма
Субсидии на возмещение части затрат сельскохозяйственных заготовительно-потребительских кооперативов, заготовительных организаций и предприятий потребительской кооперации по закупке, переработке и реализации мяса, шерсти и кожевенного сырья, тыс. руб.	30
Гранты «Агропрогресс», млн руб.	30
Гранты на развитие материально-технической базы сельскохозяйственных потребительских кооперативов:	
– за счет средств федерального бюджета, тыс. руб.	925 029
– за счет средств бюджета субъекта РФ, тыс. руб.	669 846
Создание системы поддержки фермеров и развитие сельской кооперации:	
– за счет средств федерального бюджета, тыс. руб.	265 077
– за счет средств бюджета субъекта РФ, тыс. руб.	62 178
1. Субсидии сельскохозяйственным потребительским кооперативам на возмещение части отдельных затрат, понесенных в текущем финансовом году;	
2. Гранты «Агрозартап»;	
Субсидии на обеспечение деятельности и достижение эффективности центра компетенции в сфере сельскохозяйственной кооперации и поддержки фермеров	

секторе, из которых 133 тыс. являются индивидуальными предпринимателями – главами крестьянского (фермерского) хозяйства, 31 тыс. – индивидуальными предпринимателями, 13 тыс. имеют статус крестьянского (фермерского) хозяйства – юридического лица, а также 23 млн личных подсобных хозяйств [13]. Количество сельскохозяйственных производителей по категориям в исследуемых территориях представлено в таблице 4.

В Алтайском крае наблюдается значительное количество крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей по Сибирскому федеральному округу. В разрезе анализируемых регионов, число которых в совокупности составляет более 5000 единиц, каждый из них имеет в среднем по 783,1 га земли. Развитие хозяйств населения в Алтайском крае связано с развитием производственно-сбытовой кооперации и трансформацией высокотоварных личных подсобных хозяйств в крестьянские (фермерские) хозяйства.

По состоянию на 1 января 2021 г. в Липецкой области зарегистрировано 1535 единиц крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей. По итогам 2020 г. доля личных подсобных хозяйств, вовлеченных в сельскохозяйственные потребительские кооперативы, за исключением кредитных, составила 40,8 %.

В Республике Татарстан функционирует более 3500 крестьянских (фермерских) хозяйств и 348 индивидуальных предпринимателей, а также свыше 468 тыс. личных подсобных хозяйств. Средний размер земельного участка на одно крестьянское (фермерское) хозяйство составляет 103 га. Значительный вклад малых форм агробизнеса на селе в обеспечение страны продовольствием подтверждают данные, отраженные на рисунке 5.

Таким образом, малые формы бизнеса в России по итогам 2020 г. произвели около 41,7 % продукции от общего объема, производимой всеми категориями хозяйств. Анализ данных показал, что в Российской Федерации удельный вес крестьянских (фермерских) хозяйств, включая индивидуальных предпринимателей, в общем

производстве сельскохозяйственной продукции ежегодно увеличивается. По итогам 2020 г. объем произведенной продукции в этом секторе составил 14,3 % от общего объема производства, а в 2015 г. – 11,5 %. Несмотря на пандемию, фермерский сектор продолжил увеличивать свой вклад в продовольственное обеспечение страны. Наибольший удельный вес малых форм хозяйствования в производстве валовой сельскохозяйственной продукции среди анализируемых регионов продемонстрирован в Республике Татарстан (50,1 %). Этому способствует рост крупномасштабного аграрного производства в рамках развития агропромышленной интеграции.

В Алтайском крае доля малых форм агробизнеса составляет около 44 %. В регионе наблюдается ежегодный рост доли крестьянских (фермерских) хозяйств, включая ИП, в производстве сельскохозяйственной продукции. Если в 2012 г. доля продукции, произведенной в этом секторе, составила 10,5 % от общего объема производства, то в 2020 г. – 17,7 %.

В Липецкой области доля малых форм агробизнеса составляет порядка 22 %.

Крестьянские (фермерские) хозяйства являются наиболее динамичным сектором агропромышленного комплекса страны, ежегодно увеличивающим свою долю в производстве важнейших видов сельскохозяйственной продукции, в том числе зерна, молока, мяса и овощей. По данным Росстата, размер посевных площадей в крестьянских (фермерских) хозяйствах в 2020 г. составил 24 млн 814 тыс. га, что на 490 тыс. га больше показателя прошлого года. Фермерский сектор занимает 31,2 % от общей посевной площади в России. На малые формы хозяйствования приходится 60,5 % всех посевов. Важно отметить значимую роль этого сектора в структуре посевов под зерновые и зернобобовые культуры, а также подсолнечника на зерно. В 2020 г. крестьянские (фермерские) хозяйства получили 29,6 % от всего урожая зерна (табл. 5) [14,15].

Потенциал развития кооперации в Алтайском крае определен рядом особенностей функционирования

Таблица 4. Количество сельскохозяйственных производителей по категориям на 1 января 2021 г., ед.

Table 4. Agricultural producers by category as of January 1, 2021, units

Категории хозяйств	Липецкая область	Алтайский край	Республика Татарстан
Сельскохозяйственные организации	443	1087	745
Личные подсобные хозяйства и другие индивидуальные хозяйства граждан	279359	568489	570568
Некоммерческие объединения граждан	144	377	1382
Крестьянские (фермерские) хозяйства	1143	4051	3827
Индивидуальные предприниматели	392	1024	348

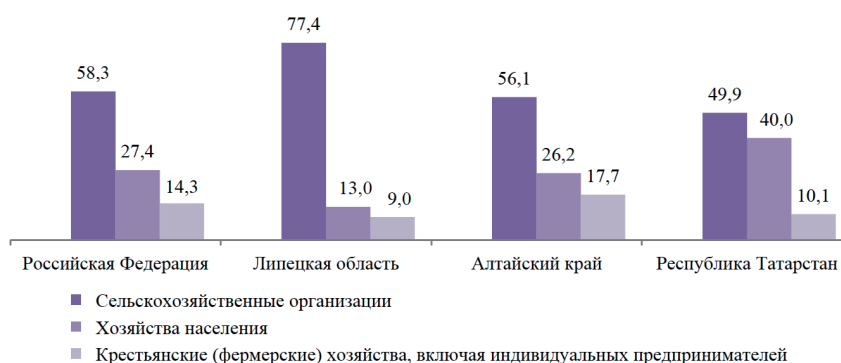


Рисунок 5. Структура валового производства продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств по России в целом, Липецкой области, Алтайскому краю и Республике Татарстан, 2020 г., %

Figure 5. Gross agricultural production by farm categories in the Russia, the Lipetsk Region, the Altai Territory, and the Republic of Tatarstan, 2020, %

малых форм хозяйствования в регионе. Алтайский край занимает второе место в Российской Федерации по посевной площади зерновых и зернобобовых культур. Ведущая роль в структуре растениеводства принадлежит зерновому хозяйству, которое является наиболее крупной отраслью агропромышленного комплекса Алтайского края. По итогам 2020 г. доля крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей в производстве зерна составила 33,2 % от общего сбора зерна (в 2019 г. – 34,4 %). Крестьянские (фермерские) хозяйства (К(Ф)Х) производят порядка 30 % продукции растениеводства от общего объема. Производство

картофеля, овощей, плодов и ягод сосредоточено в хозяйствах населения. По итогам 2020 г. было выращено 85,9 % общего сбора картофеля (2019 г. – 83,6 %), получено 68,7 % овощей (2019 г. – 72,5 %). Площадками передового опыта и использования современных технологий и техники в растениеводстве являются: ИП Глава К(Ф)Х Григоренко В. В. (Ключевский район), ИП Глава К(Ф)Х Горлов С. В., КФХ Иванова А. Н. (Косихинский район), ИП К(Ф)Х Бакушкин Ю. А. (Ребрихинский район), ИП Глава К(Ф)Х Кожанов С. А. (Михайловский район) и другие. Природно-климатические условия и наличие земельных ресурсов позволяют заниматься

Таблица 5. Структура производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции по категориям хозяйств по России, Алтайскому краю, Липецкой области и Республике Татарстан, 2020 г., %

Table 5. Agricultural products by farm categories in Russia, Altai Territory, Lipetsk Region, and the Republic of Tatarstan, 2020, %

Отдельные виды продукции сельского хозяйства	Российская Федерация		Алтайский край		Липецкая область		Республика Татарстан	
	Категории хозяйств							
	КФХ и ИП*	Хозяйства населения	КФХ и ИП*	Хозяйства населения	КФХ и ИП*	Хозяйства населения	КФХ и ИП*	Хозяйства населения
Зерно (в весе после доработки)	29,6	0,7	33,2	0,8	17,0	0,8	24,3	0,1
Картофель	13,9	65,2	6,3	85,9	3,9	59,0	2,7	87,3
Овощи	21,4	50,1	13,2	68,7	2,5	47,7	10,2	75,7
Плоды и ягоды	—	—	—	88,1	20,0	25,0	—	—
Молоко	13,6	37,4	7,1	46,3	6,6	19,2	9,2	28,7
Скот и птица на убой (живой вес)	3,8	19,6	3,2	37,2	1,0	6,7	4,2	21,5
Яйца	1,1	18,2	0,8	15,1	1,3	22,6	2,0	20,5

* Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальный предприниматель.

животноводством во всех районах края. Структура производства сырого молока по категориям хозяйств в 2020 г. распределилась следующим образом: 8,7 % всех объемов произведено крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, 46,3 % – хозяйствами населения. В регионе продолжается тенденция укрупнения фермерских хозяйств.

Главной отраслью сельского хозяйства Липецкой области является растениеводство, доля которого составляет более 60 % от объема сельскохозяйственного производства. Вклад малых форм хозяйствования в аграрную экономику региона ежегодно составляет порядка 30 % (произведено 24 % яиц, 63 % картофеля). Одним из наиболее эффективных механизмов повышения в цене доли производителя является развитие сельскохозяйственной потребительской кооперации в сфере переработки и сбыта продукции АПК. Кооперативами в 2018 г. произведено пищевой продукции на сумму 5,5 млрд руб. Закуплено сельхозпродукции кооперативами от ЛПХ на сумму 7,1 млрд руб.

В соответствии с Федеральным законом «О сельскохозяйственной кооперации» от 8 декабря 1995 г. № 193-ФЗ основными видами сельскохозяйственных кооперативов являются перерабатывающие, сбытовые (торговые), снабженческие и обслуживающие [1].

В таблице 6 отражена динамика развития сельскохозяйственной потребительской кооперации на примере анализируемых регионов.

Липецкая область выступает лидером в России по развитию потребительских снабженческо-сбытовых и перерабатывающих кооперативов. Кредитные кооперативы осуществляют финансовую поддержку путем предоставления надежных займов, создают дополнительный источник инвестиций в экономику местных территорий, способствуют развитию малых форм хозяйствования. За восемь лет в Липецкой области образовано 314 сельскохозяйственных кредитных потребительских кооператива первого уровня, состоящие из 70 тыс. личных подсобных хозяйств и 19 единиц СКПК второго уровня. В 2020 г. данными кооперативами было выдано займов на сумму 1,22 млрд руб. Также от членов кооперативов привлечено займов на сумму 534,3 млн руб. Администрация Липецкой области активно поддерживает сельскохозяйственные кредитные кооперативы посредством стимулирования в виде субсидий. Приоритетными видами деятельности для сельхозкооперативов являются заготовка, хранение и переработка мяса и молока, а также убой сельхозживотных и птицы.

По итогам российской агропромышленной выставки «Золотая осень 2020» передовыми сельскохозяйственными потребительскими кооперативами являются:

Таблица 6. Динамика развития сельскохозяйственных потребительских кооперативов в Липецкой области, Алтайском крае и Республике Татарстан за период 2017–2021 гг., ед.

Table 6. Agricultural consumer cooperatives in the Lipetsk Region, Altai Territory, and the Republic of Tatarstan in 2017–2021, units

Виды сельскохозяйственных потребительских кооперативов	Год			
	2017	2018	2019	На 1.01.2021
Количество сельскохозяйственных потребительских кооперативов				
Липецкая область	893	903	904	906
Алтайский край	38	51	55	56
Республика Татарстан, в т.ч.	–	–	274	302
– снабженческо-сбытовые:				
Липецкая область	505	506	506	506
Алтайский край	11	25	33	33
Республика Татарстан	–	–	154	166
– кредитные:				
Липецкая область	329	337	337	338
Алтайский край	20	19	15	15
Республика Татарстан	–	–	80	86
– перерабатывающие:				
Липецкая область	59	60	61	62
Алтайский край	7	7	7	8
Республика Татарстан	–	–	40	50

перативами в Липецкой области стали «Липецкие овощи» (Становлянский район) и «Замартыновский». «Липецкие овощи» занимаются переработкой овощей для оптовой и мелкооптовой реализации, а «Замартыновский» производством, переработкой и реализацией молока.

В Алтайском крае победителями конкурса Министерства сельского хозяйства «Лучший сельскохозяйственный потребительский кооператив» стали сельскохозяйственные потребительские кооперативы:

1. Снабженческо-сбытовой сельскохозяйственный потребительский кооператив «Восход» Топчихинского района. Его деятельность связана со сбором молока в личных подсобных и фермерских хозяйствах. Реализация готовой продукции осуществляется не только на территории Алтайского края, но и за его пределами: от Москвы до Владивостока;

2. Сельскохозяйственный перерабатывающий снабженческо-сбытовой потребительский кооператив «ЧарышАгроПродукт» Чарышского района. Он включает 120 хозяйств Чарышского и Краснощековского районов Алтайского края. Кооператив «ЧарышАгроПродукт» – одно из предприятий Алтайского края, которое возрождает в регионе традиции производства отечественного сливочного масла и сыров. Кооператив производит элитные сорта сыра «Швейцарский», «Горный» и «Чарышский». Проблемы со сбытом продукции решила автоматизированная система «Поток» портала Бизнес-навигатор МСП. Данная система позволяет получать клиентов из интернета, при этом не нужно иметь собственный сайт. У кооператива имеется собственный торговый дом.

На территории Алтайского края уникальным кооперативом является сельскохозяйственный перерабатывающий, обслуживающий, снабженческо-сбытовой и потребительский кооператив «Дружба» Целинного района. В его структуре действует в тестовом режиме мини-завод, в котором осуществляется разделка, первичная переработка и фасовка высококачественной говядины по современным технологиям. Готовую продукцию кооператив «Дружба» отправляет в заведения общественного питания. Алтайские стейки приобретают предприятия общественного питания, располагающиеся не только внутри региона, но и за его пределами. Рентабельность этого кооператива по итогам 2020 г. составила 38,5 %.

В Республике Татарстан из 302 зарегистрированных сельскохозяйственных потребительских кооператива активную деятельность осуществляют 130. 74 из них получили грантовую поддержку. Кооперативы эффективно осуществляют деятельность по переработке сельскохозяйственной продукции в Альметьевском, Высокогорском, Рыбно-Слободском, Лаишевском, Муслюмовском, Мензелинском,

Сабинском, Балтасинском и Арском районах. По итогам 2019 г. в сельскохозяйственные кооперативы дополнительно вовлечено свыше 3 тыс. новых членов – личные подсобные хозяйства. Денежная выручка сельскохозяйственных потребительских кооперативов увеличивается с каждым годом и уже достигла 3 млрд руб.

В Республике Татарстан примером успешной работы грантовой поддержки является кооператив «Индейка» Зеленодольского района. Он занимается производством и переработкой мяса индейки. Данный кооператив активно интегрируется с другими производителями, обеспечивая их молодняком птицы и кормами. Впоследствии закупает выращенное ими поголовье, осуществляет его забой и содействует реализации этой продукции.

Лидером успешной кооперации в Республике Татарстан является кооператив «Баракат» Азнакаевского района, образованный фермерами для укомплектования значительных партий молока и снижения издержек. По аналогичной схеме работает кооператив «Юлдуз» в Кайбицком районе, созданный на базе 3 крестьянских (фермерских) и 13 личных подсобных хозяйств. Помимо сбора молока-сырья, кооператив занимается заготовкой и переработкой мясного сырья.

Например, в Балтасинском районе функционирует сельскохозяйственный потребительский перерабатывающий кооператив «Май», объединяющий закупщиков молока-сырья в Республике Татарстан. Членами кооператива являются местные заготовители молока, которые платят членские взносы, а пайщиками являются молокодатчики – владельцы личных подсобных и фермерских хозяйств. Еще одним примером успешной кооперации является сельскохозяйственный потребительский кооператив при крестьянском (фермерском) хозяйстве «Рамаевское». Схема кооперации следующая: в инкубаторах фермер выводит птицу, затем предоставляет ее сельским жителям на откорм, обеспечивая бесплатными кормами, а через 42 дня выкупает готовых уток в целях осуществления забоя.

Анализируя опыт работы СПОК в Республике Татарстан, можно отметить, что в рамках государственной политики предусматривается повсеместная организация заготовительных и перерабатывающих кооперативов. В 2020 г. кооперативом ССПСК «Восток» Республики Татарстан выигран грант в размере 13,1 млн руб. на реконструкцию цеха по переработке молока мощностью 20 т в сутки. В 2020 г. кооперативом ССПК «Нижекамский» выигран грант в размере 39,9 млн руб. на строительство цеха по переработке мяса КРС мощностью 50 голов в смену или 20 т мясoproductов. В 2020 г. кооперативом СПСК «Кукморское РайПО» выигран грант в размере 10 млн руб. на строительство цеха по переработке

мяса и колбасных изделий мощностью 50 т. В 2020 г. кооперативом ССПК «ИГЕН» выигран грант в размере 60,0 млн руб. на приобретение производственного оборудования для производства монокоорма для крупного рогатого скота.

В Республике Татарстан реализуются меры государственного стимулирования в виде грантов на развитие материально-технической базы сельскохозяйственных кооперативов, в том числе на строительство и модернизацию производственных зданий, а также на приобретение специализированного транспорта и оборудования. В 2017 г. выделено из федерального и регионального бюджетов 2 млрд руб. С 2017 г. грантовая поддержка сельскохозяйственным кооперативам оказывается в рамках «единой субсидии».

В Алтайском крае, Липецкой области и Республике Татарстан планируется осуществлять следующие мероприятия в целях совершенствования уровня развития сельскохозяйственной потребительской кооперации:

- разработка эффективных мер государственной поддержки в области создания и развития материально-технической базы сельскохозяйственных потребительских кооперативов по закупке и переработке молока-сырья и мясного сырья;
- образование сельскохозяйственных потребительских кооперативов, осуществляющих деятельность в области заготовки, хранения, сортировки, убоя, первичной переработки, охлаждения и реализации молока и мяса сельскохозяйственных животных, птицы, рыбы и объектов аквакультуры, картофеля, грибов, овощей, плодов и ягод, в том числе дикорастущих;
- создание вертикально интегрированных кооперативных объединений полного замкнутого цикла, таких как агрохолдинги, между участниками которых формируются устойчивые организационные, экономические, производственные, технологические и коммерческие отношения. Это способствует сокращению потерь продукции при переходе из одного звена в другое, а также обеспечивает бесперебойное функционирование всей воспроизводственной цепи. Следовательно, участие сельскохозяйственных предприятий в агрохолдинге имеет следующие преимущества: перспектива устойчивого функционирования; возможность получения внутренних льготных инвестиционных и кредитных ресурсов; централизованное снабжение горюче-смазочными материалами, запасными частями, новой сельскохозяйственной техникой и оборудованием; выход на новые рынки сбыта сельскохозяйственной продукции, обеспечивающий ее гарантированную и прибыльную реализацию. Вхождение в агрохолдинг перерабатывающих предприятий позволит им решить проблему обеспеченности сырьем для изготовления продовольственных товаров, повысить

уровень обеспеченности основными средствами и поспособствует освоению новых рынков сбыта продукции. Завершает интегрированную цепочку звено, которое осуществляет оптовый и розничный сбыт произведенной продукции;

- формирование интегрированных территориальных аграрных кластеров на базе развития аграрной науки и использования достижений научно-технического прогресса;
- внедрение финансовых моделей, которые предоставляют гарантии в области долгосрочности и стабильности отношений между участниками кооперативного объединения, включая кооперативное страхование, долгосрочный кооперативный и индивидуальный лизинг, факторинг в отношениях между поставщиками сельскохозяйственного сырья и перерабатывающими предприятиями. Исходя из мировой практики, эффект синергии от кооперирования может составлять 6–8 % с прироста доходов в среднегодовом исчислении по сравнению с периодом разрозненной деятельности.

В целях создания условий для более эффективного развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в России необходимо реализовать следующие мероприятия:

- разработать меры государственной поддержки сельскохозяйственных кооперативов и субъектов малого предпринимательства в части сбора и переработки дикоросов, в том числе создание льготных программ по предоставлению в лизинг оборудования по их приемке и переработке;
- увеличить финансирование программ грантовой поддержки малых форм хозяйствования, в том числе таких как грант «Агrostартап», «Грант на развитие семейной фермы», «Грант на развитие материально-технической базы сельскохозяйственного потребительского кооператива»;
- снизить требования к грантополучателям, касающиеся увеличения на 10 % объема произведенной продукции ежегодно в течение пяти лет; снизить соответствующие требования в отношении сельскохозяйственных потребительских кооперативов;
- сократить сроки рассмотрения заявок на получение льготных кредитов от малых сельскохозяйственных организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов, массово внедрив цифровые технологии в банковскую систему;
- расширить направления льготного кредитования сельскохозяйственных потребительских кооперативов на развитие сети заготовительных пунктов;
- предусмотреть в федеральном законодательстве о торговле предоставление фермерам и сельскохозяйственным потребительским кооперативам преимущественного права поставок произведенной ими продукции в магазины торговых сетей, расположенные в субъекте РФ, где заинтересованный

фермер осуществляет свою производственную деятельность;

- предусмотреть предоставление фермерам и сельскохозяйственным кооперативам квоты в 50 % при распределении торговых мест на рынках и нестационарных торговых объектах;
- проработать на уровне регионов упрощение процедуры получения разрешений на нестационарную торговлю и выделение земли под торговые точки для субъектов малых форм хозяйствования;
- стимулировать развитие сотрудничества крестьянских (фермерских) хозяйств и сельскохозяйственных кооперативов с крупными компаниями и переработчиками в рамках контрактного сельского хозяйства;
- образовательная, информационная и идеологическая поддержка, которая должна предоставляться всеми уровнями власти;
- в регионах РФ необходимо создать условия для развития малоформатной торговли путем предоставления на льготных условиях помещений под торговые объекты крестьянским (фермерским) хозяйствам и сельскохозяйственным кооперативам.

Стратегическим трендом развития сельскохозяйственных потребительских кооперативов является их интеграция с перерабатывающими предприятиями, а также выстраивание агрологистической цепочки и вовлечение их в совместную деятельность с оптово-распределительными центрами, образование и совершенствование экспортно-ориентированных кооперативов.

Выводы

В статье описаны целевые модели развития сельскохозяйственной кооперации на примере Липецкой области, Алтайского края и Республики Татарстан с их оценкой по ключевым факторам, оказывающим наибольшее влияние на состояние и развитие сельскохозяйственной кооперации.

В качестве эффективной модели целесообразно использовать трехуровневое управление развитием кооперации, координируя усилия местных органов самоуправления и региональных органов власти

в цепочке поселение – район – область. Главы поселений должны обеспечивать непосредственную работу с потенциальными и действительными членами кооперативов, а региональные органы власти определять оптимальные параметры и регулировать развитие региональной кооперативной системы. Функцию связующего звена между уровнем поселений и исполнительных органов власти региона могут выполнять координационные центры, созданные в каждом муниципальном районе. Реализация комплексного подхода позволит сформировать эффективную региональную систему сельскохозяйственной потребительской кооперации РФ.

Критерии авторства

Н. М. Сурай руководила проектом и участвовала в написании аннотации, результатов исследования и выводов. А. Н. Кураев, П. С. Бурланков и М. Г. Миргородская участвовали в написании введения, объектов и методов исследования, результатов исследования и выводов. Ю. В. Мельникова участвовала в написании введения, результатов исследования, аннотации и выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

N.M. Suray led the project and participated in writing the abstract, research results and conclusions. A.N. Kuraev, P.S. Burlankov, M.G. Mirgorodskaya participated in writing the introduction, objects and methods of research, research results and conclusions. Yu.V. Melnikova participated in writing the introduction research results, annotations and conclusions.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Давлетгареева Т. Б., Крымов С. М. Сельскохозяйственная кооперация как механизм развития сельской территории // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. Т. 46. № 4–1. С. 24–26. <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.46.059>
2. Сердюкова М. Н., Николаева Е. В. Развитие сельскохозяйственной кооперации и малых форм хозяйствования в зарубежных странах // Вестник Челябинского государственного университета. 2017. Т. 406. № 10. С. 147–155.
3. Grashuis J., Cook M. L. Members of cooperatives: More heterogeneous, less satisfied? // International Food and Agribusiness Management Review. 2021. Vol. 24. № 5. P. 813–825. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2020.0086>
4. Вершинин В. Ф. Проблемы и перспективы развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в России // Никоновские чтения. 2008. № 13. С. 628–634.

5. С 2020 года в России расширится спектр поддержки начинающих фермеров и сельскохозяйственных потребительских кооперативов. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/210974392/> (дата обращения: 28.06.2021).
6. Путин пообещал наращивать поддержку фермеров. URL: <https://agrobook.ru/news/52640/> (дата обращения: 01.05.2021).
7. Gross S., Roosen J. Effects of information on social trust in farmers regarding animal welfare // *International Food and Agribusiness Management Review*. 2020. Vol. 24. № 1. P. 121–137. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2020.0034>
8. Exploring variability across cooperatives: Economic performance of agricultural cooperatives in northern Ethiopia / K. T. Sebhatu [et al.] // *International Food and Agribusiness Management Review*. 2021. Vol. 24. № 3. P. 397–419. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0215>
9. Rural extension and technical efficiency in the Brazilian agricultural sector / C. O. de Freitas [et al.] // *International Food and Agribusiness Management Review*. 2021. Vol. 24. № 2. P. 215–232. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2020.0094>.
10. Zhao L., Ruan J., Shi X. Local industrial policies and development of agricultural clusters: a case study based on a tea cluster in China // *International Food and Agribusiness Management Review*. 2021. Vol. 24. № 2. P. 267–288. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0154>
11. Стратегическое планирование инновационного развития предприятия в условиях усиления конкуренции и рисков / С. К. Мизанбекова [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2019. Т. 49. № 1. С. 144–158. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-144-158>.
12. Современное состояние и перспективы развития сельскохозяйственной потребительской кооперации в Липецкой, Тамбовской и Смоленской областях / Н. М. Сурай [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. 2018. Т. 48. № 1. С. 172–183. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-172-183>
13. Усманова Е. Н., Бузмакова Е. Д. Развитие фермерских хозяйств в Кировской области и Великобритании // *Аграрная Россия*. 2017. № 6. С. 35–38. <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2017-6-35-38>
14. Липецкая область в цифрах. 2020: Краткий статистический сборник. Липецк: Липецкстат, 2020. 206 с.
15. Алтайский край в цифрах. 2016–2020: Краткий статистический сборник. Барнаул: Управление Федеральной службы государственной статистики по Алтайскому краю и Республике Алтай, 2021. 188 с.

References

1. Davletgareeva TB, Krymov SM. Agricultural cooperation as a mechanism for development of rural areas. *International Research Journal*. 2016;46(4–1):24–26. (In Russ.). <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.46.059>
2. Serdyukova MN, Nikolaeva YeV. Development of agricultural cooperation and small forms of economic activities in foreign countries. *Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2017;406(10):147–155. (In Russ.).
3. Grashuis J, Cook ML. Members of cooperatives: More heterogeneous, less satisfied? *International Food and Agribusiness Management Review*. 2021;24(5):813–825. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2020.0086>
4. Vershinin VF. Problemy i perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennoy potrebitel'skoy kooperatsii v Rossii [Problems and prospects for the development of agricultural consumer cooperation in Russia]. *Nikonovskie chteniya* [Nikon Readings]. 2008;(13):628–634. (In Russ.).
5. С 2020 года в России расширится спектр поддержки начинающих фермеров и сельскохозяйственных потребительских кооперативов [In 2020, the range of support for start-up farmers and agricultural consumer cooperatives is to expand in Russia] [Internet]. [cited 2021 Jun 28]. Available from: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/210974392/>.
6. Путин пообещал наращивать поддержку фермеров [Putin promised to increase support for farmers] [Internet]. [cited 2021 May 01]. Available from: <https://agrobook.ru/news/52640/>
7. Gross S, Roosen J. Effects of information on social trust in farmers regarding animal welfare. *International Food and Agribusiness Management Review*. 2020;24(1):121–137. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2020.0034>
8. Sebhatu KT, Gezahegn TW, Berhanu T, Maertens M, Van Passel S, D'Haese M. Exploring variability across cooperatives: Economic performance of agricultural cooperatives in northern Ethiopia. *International Food and Agribusiness Management Review*. 2021;24(3):397–419. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0215>
9. de Freitas CO, de Figueiredo Silva F, Braga MJ, de Carvalho Reis Neves M. Rural extension and technical efficiency in the Brazilian agricultural sector. *International Food and Agribusiness Management Review*. 2021;24(2):215–232. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2020.0094>
10. Zhao L, Ruan J, Shi X. Local industrial policies and development of agricultural clusters: a case study based on a tea cluster in China. *International Food and Agribusiness Management Review*. 2021;24(2):267–288. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0154>
11. Mizarbekova SK, Bogomolova IP, Vasilenko IN, Bogomolov AV. Strategic planning of innovation development of industrial enterprises under growing competition and risks. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(1):144–158. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-144-158>

12. Surai NM, Dibrova ZhN, Sagina OA, Orlov BL. Modern condition and development prospects for agricultural consumer cooperation in the central federal district of the Russian Federation. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(1):172–183. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-172-183>
13. Usmanova EN, Buzmakova ED. Development of farms in the Kirov oblast' and the UK. Agrarian Russia. 2017;(6):35–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2017-6-35-38>
14. Lipetskaya oblast' v tsifrakh. 2020: Kratkiy statisticheskiy sbornik [Lipetsk region in numbers. 2020: Brief Statistical Compendium]. Lipetsk: Lipetskstat; 2020. 206 p. (In Russ.).
15. Altayskiy kray v tsifrakh. 2016–2020: Kratkiy statisticheskiy sbornik [Altai Territory in numbers. 2016–2020: Brief Statistical Compendium]. Barnaul: Office of the Federal State Statistics Service for the Altai Territory and the Republic of Altai; 2021. 188 p. (In Russ.).

Влияние соединений полисахаридной природы на устойчивость прямых эмульсий при хранении



Ю. В. Фролова*^{ORCID}, Р. В. Соболев^{ORCID},
В. А. Саркисян^{ORCID}, А. А. Кочеткова^{ORCID}

Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и
безопасности пищи^{ROR}, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 06.09.2021

Принята после рецензирования: 25.11.2021

Принята в печать: 14.02.2022

*e-mail: himic14@mail.ru

© Ю. В. Фролова, Р. В. Соболев, В. А. Саркисян,
А. А. Кочеткова, 2022



Аннотация.

Имеются сведения о синергетическом характере взаимодействия полисахаридов в процессе образования устойчивых к седиментации эмульсий. Данные о влиянии комбинаций соединений полисахаридной природы на окислительную стабильность носят частный характер. Для жировых эмульсионных продуктов значимыми характеристиками являются седиментационная и окислительная устойчивость. Цель работы – изучение влияния полисахаридов и их комбинаций на окислительную и седиментационную устойчивость прямых эмульсий в процессе хранения.

Объектами исследования являются прямые эмульсии, включающие подсолнечное масло и стабилизированные полисахаридами и их комбинациями. Получение эмульсий проводили путем поэтапного внесения дисперсной фазы в дисперсионную среду с растворенным полисахаридом при интенсивном перемешивании. Эмульсии хранили при температуре 60 °С в течение 8 суток. Оценку седиментационной устойчивости проводили визуальными методами по макро- и микропараметрам. Окислительную стабильность изучали с помощью стандартных методов определения перекисного числа и конъюгированных диенов.

В рамках проведенного эксперимента установлено, что эмульсии имели средний размер частиц: от $6,78 \pm 2,50$ до $12,67 \pm 6,53$ мкм. Наибольшую седиментационную устойчивость проявили эмульсии на основе ксантановой камеди и ее комбинаций с другими полисахаридами (доля отслоившейся жидкости от 0 до 5,3 %), кроме высокоэтерифицированного пектина. Наибольшую окислительную устойчивость продемонстрировали образцы на основе камеди рожкового дерева и ее комбинации с низкоэтерифицированным пектином (перекисное число $9,85 \pm 0,45$ мЭкв/кг). Худший результат окислительной стабильности выявлен в образце камеди рожкового дерева с высокоэтерифицированным пектином (перекисное число $15,44 \pm 0,85$ мЭкв/кг). Сочетание камеди рожкового дерева и ксантановой камеди обеспечивает удовлетворительную седиментационную (доля отслоившейся жидкости 2,2 %) и окислительную (перекисное число $11,8 \pm 1,1$ мЭкв/кг) устойчивость эмульсии.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о целесообразности комбинирования различных полисахаридов для повышения седиментационной и окислительной устойчивости прямых эмульсий. Полученные результаты могут быть использованы при разработке новых видов стабильных эмульсионных жировых продуктов.

Ключевые слова. Эмульсии, камедь рожкового дерева, ксантановая камедь, пектин низкоэтерифицированный, пектин высокоэтерифицированный, хранение

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания № 0529-2019-0055.

Для цитирования: Влияние соединений полисахаридной природы на устойчивость прямых эмульсий при хранении / Ю. В. Фролова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 32–45. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-32-45>

Effect of Polysaccharide Compounds on the Stability of Oil-In-Water Emulsions during Storage

Yuliya V. Frolova*^{ORCID}, Roman V. Sobolev^{ORCID},
Varuzhan A. Sarkisyan^{ORCID}, Alla A. Kochetkova^{ORCID}

Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety^{ORCID}, Moscow, Russia

Received: 06.09.2021

Revised: 25.11.2021

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: himic14@mail.ru

© Yu.V. Frolova, R.V. Sobolev, V.A. Sarkisyan,
A.A. Kochetkova, 2022



Abstract.

Polysaccharides interact synergistically to form sedimentation-resistant emulsions. However, data on the effect of polysaccharide combinations on oxidative stability are scarce. Sedimentation and oxidative stability are equally important for fat emulsion products. In fact, emulsions owe their stability to various substances of polysaccharide nature. The research objective was to study the effect of polysaccharides and their combinations on the oxidative and sedimentation stability of direct emulsions during storage.

The study involved direct emulsions of sunflower oil, stabilized polysaccharides, and their combinations. The dispersed phase of sunflower oil was gradually added to the continuous phase of dissolved polysaccharides with intensive stirring. The emulsions were stored at 60°C for eight days. The sedimentation stability was assessed by analyzing sedimentation rate, fractal dimension, lacunarity, and droplet size. The oxidative stability was studied using standard methods for determining the peroxide value and conjugated dienes.

The emulsions had an average particle size from 6.78 ± 2.50 to 12.67 ± 6.53 μm . The samples based on xanthan gum and its combinations with other polysaccharides showed the highest sedimentation stability: exfoliated liquid proportion was 0–5.3%, highly esterified pectin being the only exception. The samples based on locust bean gum and its combination with low esterified pectin demonstrated the highest oxidative stability: peroxide value – 9.85 ± 0.45 mEq/kg. The lowest oxidative stability was found in the sample of locust bean gum with highly esterified pectin: peroxide value – 1.44 ± 0.85 mEq/kg. The combination of locust bean gum and xanthan gum provided satisfactory sedimentation (exfoliated liquid proportion – 2.2%) and oxidative (peroxide value – 11.8 ± 1.1 mEq/kg) stability of the emulsion. The experiment revealed weak correlation ($r = -0.096$) between the sedimentary and oxidative stability parameters. Therefore, it was the nature of the polysaccharides themselves that affected these systems. The authors proposed such modes of action as metal chelating, free radical scavenging, and adding polysaccharide phenolic compounds.

Combinations of different polysaccharides increased the sedimentation and oxidative stability of direct emulsions. The research results can help food producers to develop new types of stable emulsion-based fat products.

Keywords. Emulsions, locust bean gum, xanthan gum, low esterified pectin, highly esterified pectin, storage

Funding. The present research was part of state assignment No. 0529-2019-0055

For citation: Frolova YuV, Sobolev RV, Sarkisyan VA, Kochetkova AA. Effect of Polysaccharide Compounds on the Stability of Oil-In-Water Emulsions during Storage. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):32–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-32-45>

Введение

Полисахариды имеют широкое применение в пищевой промышленности. Они могут выступать в качестве стабилизаторов, загустителей, гелеобразователей и инкапсулирующих агентов, которые участвуют в формировании текстуры и вкуса и контроле срока годности пищевой продукции [1–3]. Существует несколько классификаций пищевых полисахаридов. Выделяют разветвленные и неразветвленные, гидрофильные и амфифильные,

растительного, животного и микробиологического происхождения и др. [4]. Структурное разнообразие и происхождение определяют свойства, проявляемые полисахаридами в различных средах и системах, которые обуславливают эффективность их использования в различных типах пищевых продуктов [5, 6]. Несмотря на широкое применение в пищевой промышленности, ведутся активные исследования по выявлению новых свойств полисахаридов, в частности изучение свойств пищевых систем,

содержащих комбинации полисахаридов, в том числе с белками и другими веществами [5–11]. В технологическом аспекте использование комбинаций полисахаридов позволяет получать пищевые системы со сложной текстурой. Необходимо учитывать, что при использовании хотя бы двух структурно различных полисахаридов можно достигнуть эффекта как синергизма (образование растворимых или нерастворимых комплексов), так и антагонизма (расслаивание системы из-за термодинамической несовместимости) [5]. Большинство пищевых полисахаридов растворимы в воде. В связи с этим полученные с их использованием эмульсии являются эмульсиями первого рода «масло в воде». В настоящее время проведены комплексные исследования свойств индивидуальных полисахаридов, а также некоторых их комбинаций [12–15].

Пектины представляют собой семейство полисахаридов рамногалактуронанов, являющихся важным структурным компонентом клеточных стенок растений [16]. Функциональность пектина в продуктах обусловлена структурой его полимера – выделяют несколько общих типов: гомогалактуронан, рамногалактуронан-I, рамногалактуронан-II, апиогалактуронан, ксилогалактуронан и пектин-содержащий белок [17]. В пищевой промышленности пектины широко используются в качестве загустителей для увеличения вязкости различных продуктов [18]. Использование пектина с низким содержанием метоксильных групп позволяет разрабатывать продукты без сахара, т. к. они способны образовывать гель без сахарозы [19].

Камедь рожкового дерева – это гетерополисахарид, неионный галактоманнан, получаемый из эндосперма семян рожкового дерева (*Ceratonia siliqua*) [20]. В пищевой промышленности камедь рожкового дерева, благодаря своим физико-химическим и вязкоупругим свойствам, используется в качестве стабилизатора и загустителя [12, 21]. Ксантановая камедь – внеклеточный анионный полисахарид, секретлируемый микроорганизмом *Xanthomonas campestris*. Используется в пищевой промышленности за счет широкого спектра своих свойств. Она растворима в холодной воде. Растворы обладают высокой псевдопластической текучестью и синергетическим взаимодействием с галактоманнанами и глюкоманнанами. Например, с камедью рожкового дерева. Это приводит к увеличению вязкости и активно используется в составе эмульсий [15, 22].

Окислительная стабильность и седиментационная устойчивость относятся к числу важнейших факторов, которые необходимо учитывать при разработке эмульсий. Стабильность эмульсии при изготовлении и хранении зависит от факторов, которые можно разделить на две категории: стерические и электростатические взаимодействия. Применение

различных полисахаридов позволяет подавлять процессы дестабилизации эмульсий [23]. Также необходимо учитывать состав жировой фазы эмульсий, структуру и условия их хранения [24]. Подсолнечное масло является одним из используемых масел во всем мире в пищевой промышленности, в том числе при получении эмульсионных продуктов. Однако оно подвержено окислительной порче, в результате чего ухудшается качество и безопасность как самого масла, так и продуктов на его основе [25]. В работе X. Zang и др. было оценено влияние добавления различных анионных полисахаридов (гуммиарабик, пектин, ксантановая камедь и альгинат) на устойчивость эмульсий, стабилизированных гидролизатом белка рисовых отрубей. Выяснено, что пектин и ксантановая камедь обладают лучшей стабилизирующей способностью по сравнению с гуммиарабиком и альгинатом [26]. В исследовании Y. F. M. Kishk и H. M. A. Al-Sayed изучена окислительная стабильность эмульсий типа вода в масле с использованием ксантановой камеди [27]. Образцы эмульсий с ксантановой камедью в составе обладали более низкими значениями перекисного числа и конъюгированных диенов по сравнению с контрольными образцами. В исследовании M. S. Katsuda и др. эмульсии на основе цитрусового пектина и рыбьего жира демонстрировали меньшее накопление продуктов окисления по сравнению с контрольным образцом и образцом на основе пектина, полученного из сахарной свеклы [28].

Целью данной работы является изучение влияния полисахаридов и их комбинаций на окислительную и седиментационную устойчивость прямых эмульсий при хранении.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются прямые эмульсии, включающие подсолнечное масло, и стабилизированные полисахаридами и их комбинациями: камедь рожкового дерева (Seedgum, Италия), ксантановая камедь (Neimenggu Fufeng Biotechnologies Co.Ltd, Китай), пектин низкоэтерифицированный (DSM, Швейцария), пектин высокоэтерифицированный (CPKelco, Бразилия) и их комбинации: камедь рожкового дерева + пектин низкоэтерифицированный, камедь рожкового дерева + пектин высокоэтерифицированный, камедь рожкового дерева + ксантановая камедь, ксантановая камедь + пектин низкоэтерифицированный, ксантановая камедь + пектин высокоэтерифицированный.

Для элиминирования рисков гидролиза масла в условиях кислотности полисахаридов при получении в качестве дисперсионной среды был использован 0,1 М фосфатный буфер (pH = 7,0). Эмульсии были выработаны по следующей технологии:

1) растворение эмульгатора Твин 80 (0,1 %) в 0,1 М (79,4 %) фосфатном буфере (pH = 7,0) на магнитной мешалке Biosan MSH-300 (Biosan, Латвия) при 60 °С в течение 5 мин;

2) постепенное внесение в полученный раствор полисахаридов (0,5 %) (в случае комбинирования полисахариды вносились в равных соотношениях по массе с сохранением суммарной массы навески);

3) нагрев до температуры 90 °С и перемешивание на магнитной мешалке в течение 15 мин до полного растворения внесенных полисахаридов;

4) диспергирование на верхнеприводной мешалке Heidolph Silent Crusher M (Heidolph, Германия) при 12 тыс. об/мин с постепенным внесением подсолнечного масла (20 %) с дальнейшим диспергированием в течение 3 мин после внесения всего объема масла.

Соотношение масляной и водной фаз, а также концентрация полисахаридов выбраны на основании анализа литературных данных и предварительных исследований.

Полученные эмульсии делили на аликвоты, помещали в герметично закручивающиеся пробирки и хранили в течение 8 суток при повышенной температуре 60 °С в климатической камере (POL-EKO-APARATURA, Польша) для ускорения процесса окисления. В процессе хранения оценивали седиментационную устойчивость по показателям: фрактальная размерность, лакуарность и средний размер частиц дисперсной фазы, доля отслоившейся жидкости (Creaming index); для окислительной стабильности эмульсий – с помощью окислительных индексов – перекисное число и конъюгированные диены.

Изучение микропараметров устойчивости эмульсий проводили при помощи световой микроскопии в проходящем свете. Каплю образца (20 мкл) наносили на предметное стекло и аккуратно накрывали покровным стеклом. Образцы изучали при увеличении на микроскопе Zeiss Axio Imager Z1 (Carl Zeiss Microimaging GmbH, Германия) с использованием объектива Plan-Apochromat (20×). Морфометрические параметры – фрактальная размерность (D_f), лакуарность (A) и средний размер – определяли с помощью анализа цифровых изображений с использованием программного обеспечения ImageJ (NIH, США) с плагином FracLac. Для анализа использовали алгоритм определения фрактальной размерности при помощи метода подсчета коробок, в котором изображение разбивается сеткой на ячейки определенных размеров. Этот подход используется при оценке структур и способен выполнять оценку микроструктурных свойств, а также свидетельствовать о различиях в морфологии. Более подробно про определение D_f , A и подготовку изображений описано в исследованиях [29, 30].

Определение доли отслоившейся жидкости в эмульсиях проводили согласно работе [31] с незначительными изменениями. Данный метод является одним из наиболее простых способов визуального определения разделения эмульсий. Для проведения анализа полученную эмульсию помещали в прозрачную пробирку и выдерживали в климатической камере с регистрацией доли отслоившейся жидкости в контрольных точках: 0, 2, 4 и 8 суток. Долю отслоившейся жидкости (Creaming index) рассчитывали с помощью следующей формулы:

$$\text{Creaming index} = 100 \times \frac{HS}{HE} \quad (1)$$

где HE – общая высота эмульсии; HS – высота слоя отделившейся фазы.

Экстракцию масла из эмульсий для исследований окислительной стабильности осуществляли с использованием системы растворителей гексан: изопропиловый спирт (3:2) согласно методике, описанной в работе [32].

Перекисное число определяли в соответствии с методом, описанным в работе [33], но с некоторыми изменениями. К навеске экстрагированного масла массой $1,00 \pm 0,01$ г приливали 7 мл хлороформа и 13 мл ледяной уксусной кислоты. Затем вносили 1 мл свежеприготовленного 50 %-го раствора йодида калия. Смесь тщательно перемешивали, закрывали пробкой и оставляли в темном месте при температуре 15–25 °С. Спустя 20 мин в колбу вливали 50 мл дистиллированной воды, затем добавляли 1 мл 1 %-го раствора крахмала до появления фиолетово-синей окраски с последующим титрованием раствором тиосульфата натрия. Каждый образец исследовали в двух повторностях. Результаты представлены как средние значения со стандартными отклонениями.

Конъюгированные диены измеряли с использованием метода, описанного в работе [34], но с некоторыми изменениями. Навеску экстрагированного масла (5–10 мг) помещали в мерную колбу на 25 мл, после чего содержимое колбы доводили до метки изоктаном. Полученный раствор переносили в кварцевую кювету и измеряли оптическую плотность с помощью спектрофотометра Unico 2800 (UNITED PRODUCTS & INSTRUMENTS, США) при 232 нм. Образцы анализировали в двух повторностях.

Статистика. Экспериментально полученные данные обрабатывали с помощью пакета программ SPSS Statistics 23. Для оценки корреляции между изучаемыми показателями применяли коэффициент корреляции Пирсона. Для сравнения значений изучаемых параметров между образцами был использован однофакторный дисперсионный анализ ANOVA с последующим использованием теста Фишера для попарного сравнения вариаций между группами. Критический уровень значимости нулевой статистической гипотезы (P) принимали равным 0,05.

Результаты и их обсуждение

Современные пищевые продукты характеризуются поддержанием высоких потребительских характеристик на протяжении всего периода хранения. В пищевой промышленности значимой характеристикой жировых эмульсионных систем является их устойчивость. Седиментационная и окислительная устойчивость эмульсионной продукции может достигаться путем применения веществ полисахаридной природы и их комбинаций. Для достижения поставленной цели исследования были получены 9 видов эмульсий, состоящих из масляной (20 %) и водной (79,5 %) фаз. Их полисахаридный состав представлен в таблице 1.

Эмульсии представляют собой термодинамически нестабильную коллоидную систему. Они дестабилизируются со временем, что приводит к их расслоению [35]. Анализ седиментационной устойчивости полученных эмульсий осуществляли по микропараметрам (фрактальная размерность, лакуарность, средний размер) и доле отслоившейся жидкости (Creaming index). Микрофотографии свежееизготовленных эмульсий и этих же эмульсий через 8 суток хранения при температуре 60° С (рис. 1) демонстрируют различия в распределении капель жировой фазы в объеме в зависимости от стабилизатора.

Для более детального анализа полученных микрофотографий проводили расчет фрактальной размерности (D_f), лакуарности (A) и среднего размера капель эмульсии. Эти показатели представляют собой морфометрические параметры, которые могут быть применены для определения изменений, происходящих при хранении прямых эмульсий

на основе полисахаридов различной природы. Полученные данные представлены в таблице 2.

Фрактальная размерность (D_f) – это параметр, который применяется для объяснения морфологических изменений, измеряемых как неравномерность структуры объекта [36]. Диапазон значений фрактальной размерности варьируется от 1 до 3 [37]. В дополнение к D_f при описании некоторых свойств эмульсии может выступать лакуарность, поскольку дает подробные сведения о распределении и однородности полостей. Они могут быть ответственны за макроскопические свойства системы, например, за способность к удерживанию воды [38]. Размер частиц в эмульсиях играет важную роль, т. к. может влиять на седиментационную устойчивость и окислительную стабильность эмульсий [39, 40]. Поэтому важно следить за этими параметрами во время выработки.

На основании полученных данных выявлено, что D_f для свежееприготовленных эмульсий (образцы № 1, 2, 5 и 6) имеет самые низкие значения, а лакуарность – самые высокие. Это свидетельствует о разряженном распределении капель жировой фазы в объеме дисперсионной среды и подтверждается микрофотографиями (рис. 1). При этом данные эмульсии отличались меньшей стабильностью во времени. Разделение их на две фазы (отделение водной фазы (рис. 2)) происходило в течение часа после изготовления. После 2-х суток хранения при 60° С процент отслоившейся жидкости не изменялся (рис. 2 и 3). Для анализа размера частиц в стабильной части эмульсии их перемешивание перед микроскопией на 8-е сутки хранения не проводили (рис. 1). Значение лакуарности для эмульсий с высокими показателями в исходной точке снижаются (образцы № 1, 2, 5

Таблица 1. Полисахаридный состав исследуемых эмульсий

Table 1. Polysaccharide composition of the emulsions

Образцы эмульсий	Композиции полисахаридов	Полисахариды, %			
		Пектин низко-этерифицированный	Пектин высоко-этерифицированный	Камедь рожкового дерева	Ксантановая камедь
№ 1	Пектин низкоэтерифицированный	0,50	–	–	–
№ 2	Пектин высокоэтерифицированный	–	0,50	–	–
№ 3	Камедь рожкового дерева	–	–	0,50	–
№ 4	Ксантановая камедь	–	–	–	0,50
№ 5	Камедь рожкового дерева + пектин низкоэтерифицированный	0,25	–	0,25	–
№ 6	Камедь рожкового дерева + пектин высокоэтерифицированный	–	0,25	0,25	–
№ 7	Камедь рожкового дерева + ксантановая камедь	–	–	0,25	0,25
№ 8	Ксантановая камедь + пектин низкоэтерифицированный	0,25	–	–	0,25
№ 9	Ксантановая камедь + пектин высокоэтерифицированный	–	0,25	–	0,25

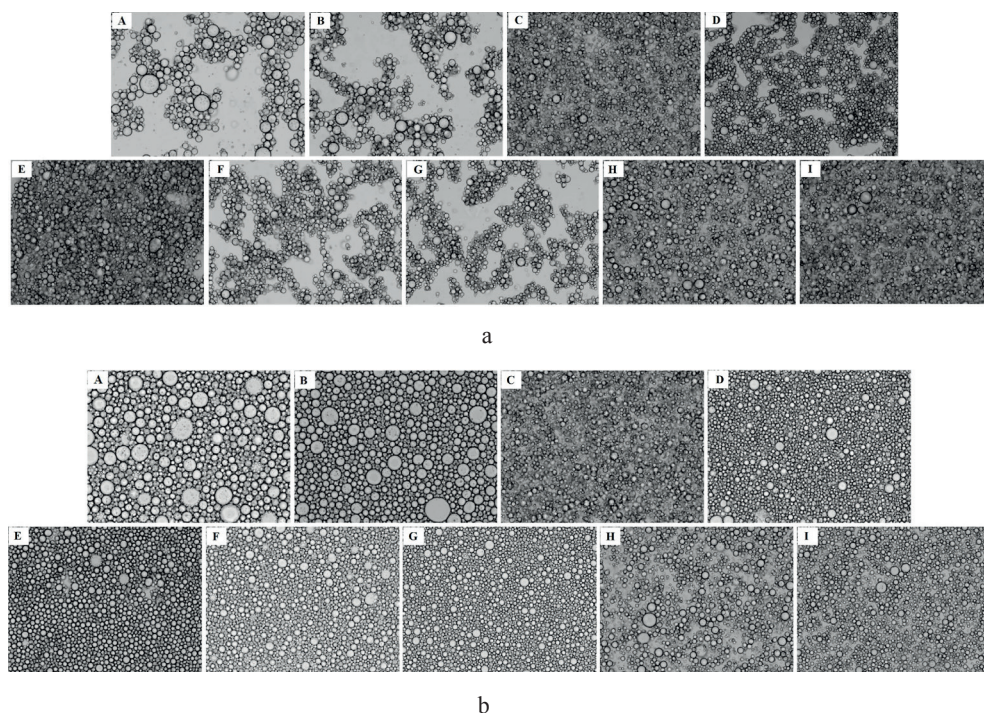


Рисунок 1. Микрофотографии полученных образцов свежеприготовленных эмульсий (а) и эмульсий через 8 суток (б) хранения: (А) – на основе низкоэтерифицированного пектина; (В) – на основе высокоэтерифицированного пектина; (С) – на основе ксантановой камеди; (D) – на основе камеди рожкового дерева; (Е) – на основе камедь рожкового дерева + ксантановая камедь; (F) – на основе камедь рожкового дерева + пектин низкоэтерифицированный; (G) – на основе камедь рожкового дерева + пектин высокоэтерифицированный; (H) – на основе ксантановая камедь + пектин низкоэтерифицированный; (I) – на основе ксантановая камедь + пектин высокоэтерифицированный. Увеличение 20×

Figure 1. Micrographs of fresh emulsions (a) and on day 8 (b): (A) – low esterified pectin; (B) – high esterified pectin; (C) – xanthan gum; (D) – locust bean gum emulsion; (E) – locust bean gum + xanthan gum; (F) – locust bean gum + low esterified pectin; (G) – locust bean gum+ high esterified pectin; (H) – xanthan gum + low esterified pectin; (I) – xanthan gum + high esterified pectin. Magnification 20×

Таблица 2. Показатели фрактальной размерности (D_f), лакуарности (A) и среднего размера прямых эмульсий в процессе хранения

Table 2. Indicators of fractal dimension (D_f), lacunarity (A), and average size of direct emulsions during storage

Образец	0 суток			8 суток		
	D_f	A	Средний размер, мкм	D_f	A	Средний размер, мкм
№ 1	2,703 ± 0,003	0,534 ± 0,002	12,07 ± 6,22	2,856 ± 0,001	0,192 ± 0,002	12,67 ± 6,53
№ 2	2,725 ± 0,003	0,434 ± 0,003	11,22 ± 5,12	2,858 ± 0,002	0,188 ± 0,002	9,70 ± 5,02
№ 3	2,843 ± 0,007	0,234 ± 0,005	6,78 ± 2,50	2,858 ± 0,002	0,189 ± 0,008	7,03 ± 2,27
№ 4	2,858 ± 0,005	0,204 ± 0,007	7,80 ± 3,24	2,853 ± 0,009	0,189 ± 0,003	7,50 ± 2,40
№ 5	2,784 ± 0,002	0,336 ± 0,001	9,27 ± 3,73	2,861 ± 0,001	0,184 ± 0,002	8,35 ± 3,47
№ 6	2,755 ± 0,001	0,367 ± 0,001	7,96 ± 3,07	2,861 ± 0,001	0,184 ± 0,001	7,96 ± 3,89
№ 7	2,854 ± 0,001	0,191 ± 0,006	9,35 ± 3,55	2,859 ± 0,003	0,192 ± 0,001	9,20 ± 2,98
№ 8	2,859 ± 0,006	0,191 ± 0,008	8,00 ± 3,29	2,819 ± 0,007	0,216 ± 0,009	8,35 ± 2,58
№ 9	2,857 ± 0,006	0,199 ± 0,005	7,97 ± 2,80	2,863 ± 0,001	0,18 ± 0,001	8,89 ± 2,81

Для каждого показателя в отдельности градиентом выделено увеличение значений от красного до зеленого.

The color gradient shows the increase in values from red to green for each indicator.

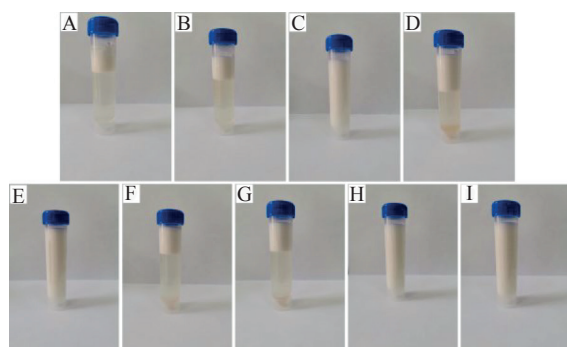


Рисунок 2. Внешний вид эмульсий на 8-е сутки хранения: (A) – на основе низкоэтерифицированного пектина; (B) – на основе высокоэтерифицированного пектина; (C) – на основе ксантановой камеди; (D) – на основе камеди рожкового дерева; (E) – на основе камеди рожкового дерева + ксантановая камедь; (F) – на основе камеди рожкового дерева + пектин низкоэтерифицированный; (G) – на основе камеди рожкового дерева + пектин высокоэтерифицированный; (H) – на основе ксантановая камедь + пектин низкоэтерифицированный; (I) – на основе ксантановая камедь + пектин высокоэтерифицированный

Figure 2. Appearance of emulsions on day 8: (A) – low esterified pectin; (B) – high esterified pectin; (C) – xanthan gum; (D) – locust bean gum emulsion; (E) – locust bean gum + xanthan gum; (F) – locust bean gum + low esterified pectin; (G) – locust bean gum + high esterified pectin; (H) – xanthan gum + low esterified pectin; (I) – xanthan gum + high esterified pectin

и 6), а для остальных сохраняются стабильными. Это связано с перераспределением капель жировой фазы в объеме, т. к. увеличения ($P > 0,05$) среднего размера жировых капель не наблюдалось (табл. 2). Расслоение эмульсий при постоянном размере частиц может также говорить об отсутствии или о минимальном слипании масляных капель. Данный факт отражает агрегативную устойчивость эмульсий. Расслоение происходит из-за процесса криминга, в результате которого эмульсия всплывает наверх, а водная фаза остается внизу (рис. 2).

Эмульсии на основе ксантановой камеди и ее комбинаций с низкоэтерифицированным пектином, а также камедью рожкового дерева характеризовались наименьшими значениями доли отслоившейся жидкости (рис. 3). На протяжении 4-х суток хранения между данными образцами не было статистически значимых отличий ($P > 0,05$). На 8-е сутки отличия между ними были статистически значимыми ($P < 0,01$). Наименьшую долю отслоившейся жидкости имел образец № 4, наибольшую – № 8 ($5,3 \pm 0,5$ %). Полученные данные связаны со способностью ксантановой камеди увеличивать вязкость водной фазы и ограничивать подвижность масляных капель при малых концентрациях (0,5 %) за счет своей молекулярной массы и образования межмолекулярных ассоциаций [41]. Образец № 2 имел наибольшую

долю отслоившейся жидкости. Ко вторым суткам она достигла $74,2 \pm 1,2$ % и осталась постоянной до конца эксперимента. Значения долей отслоившейся жидкости между образцами № 1, 5 и 6 на протяжении всего эксперимента не имели статистически значимых различий ($P > 0,05$). При этом данные образцы имели более высокую седиментационную устойчивость по сравнению с образцом № 2. Стоит отметить, что образец, содержащий только камедь рожкового дерева, был более стабильным по сравнению с образцами на основе его комбинаций с пектинами. Схожая тенденция наблюдается для эмульсий, структурированных ксантановой камедью. При ее сочетании с высокоэтерифицированным пектином отмечается повышение ($P < 0,01$) доли отслоившейся жидкости до $27,1 \pm 0,4$ % на 8-е сутки относительно эмульсии, структурированной только ксантановой камедью.

Параллельно исследованиям седиментационной устойчивости проводили оценку окислительной стабильности полученных эмульсий по показателям накопления конъюгированных диенов и перекисей (рис. 4 и 5).

Для всех исследуемых образцов были определены значения удельной экстинкции, отражающие образование конъюгированных диенов в процессе хранения. Результаты измерений приведены на рисунке 4. На каждой последующей контрольной точке (вторые, четвертые, восьмые сутки) было отмечено повышение значения удельной экстинкции для всех образцов, что свидетельствует о накоплении конъюгированных диенов (преимущественно из линолевой кислоты). Образец № 6 в промежутке между 4-ми и 8-ми сутками показал резкий рост и к концу эксперимента обладал наибольшим содержанием конъюгированных диенов – $11,0 \pm 0,2$.

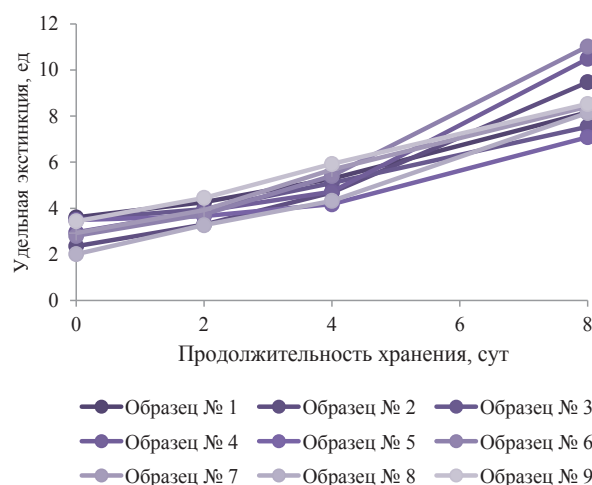


Рисунок 3. График доли отслоившейся жидкости из исследуемых эмульсий

Figure 3. Fraction of liquid exfoliated from the emulsions

Это выше ($P < 0,01$) относительно остальных образцов эмульсий. Наиболее устойчивым к накоплению конъюгированных диенов оказался образец № 5 с удельным коэффициентом экстинкции $7,1 \pm 0,2$.

В связи с тем, что во всех образцах эмульсий использовался один и тот же тип масла, наблюдаемое различие в изменении удельного коэффициента экстинкции связано с влиянием полисахаридов. Конъюгирование является первой стадией, предшествующей накоплению перекисных соединений. В связи с этим должна наблюдаться схожая тенденция в повышении значения перекисного числа в исследуемых образцах [42].

Изменение скорости протекания процессов перекисного окисления масла в прямых эмульсиях в условиях данного эксперимента (при одинаковом составе жировой фазы во всех образцах) возможно за счет влияния молекул полисахаридов на границе раздела фаз. Наибольшую антиокислительную активность проявила комбинация камеди рожкового дерева и низкоэтерифицированного пектина. К концу эксперимента значение перекисного числа для образца № 5 равнялось $9,85 \pm 0,45$ мЭкв/кг. Это выше ($P < 0,01$) относительно образцов, структурированных ксантановой камедью. Наименьшую окислительную стабильность в условиях эксперимента проявил образец № 6. Значение перекисного числа к концу эксперимента для образца № 6 было $15,44 \pm 0,85$ мЭкв/кг, что больше ($P < 0,01$), чем у эмульсий, содержащих камедь рожкового дерева. Наблюдаемый эффект соответствует результатам изучения накопления конъюгированных диенов. Согласно литературным данным возможным

механизмом антиоксидантного действия низкоэтерифицированного пектина может быть связывание аминогрупп пектина с продуктами окисления липидов аналогично другим аминокислотосодержащим соединениям. Например, фосфатидилэтаноламин [43]. Как показано в работе J. Goritschnig и др., посредством реакции между аминогруппой и вторичными продуктами окисления липидов образуются гетероциклические азотсодержащие соединения (пиридинового ряда), являющиеся перехватчиком свободных радикалов [44]. Данный механизм действия может объяснять причину повышенной стабильности к окислению всех исследуемых образцов эмульсий с низкоэтерифицированным пектином по сравнению с образцами, стабилизированными другими полисахаридами. Камедь рожкового дерева является нейтральным полисахаридом. В связи с этим его антиоксидантные свойства связаны с входящими в его состав биологически активных веществ, в том числе полифенольной природы [45].

Несмотря на то, что эмульсии, полученные с использованием ксантановой камеди, обладали наибольшей седиментационной стабильностью, окислительная стабильность этих эмульсий оказалась низкой. Имеются публикации, свидетельствующие о наличии антиоксидантных свойств у ксантановой камеди [46]. В качестве возможного механизма антиоксидантного действия можно использовать способность хелатирования ксантановой камедью поливалентных металлов из раствора за счет анионных пируватных групп. Использование дистиллированной воды (с низкой концентрацией поливалентных ионов) в проведенном эксперименте

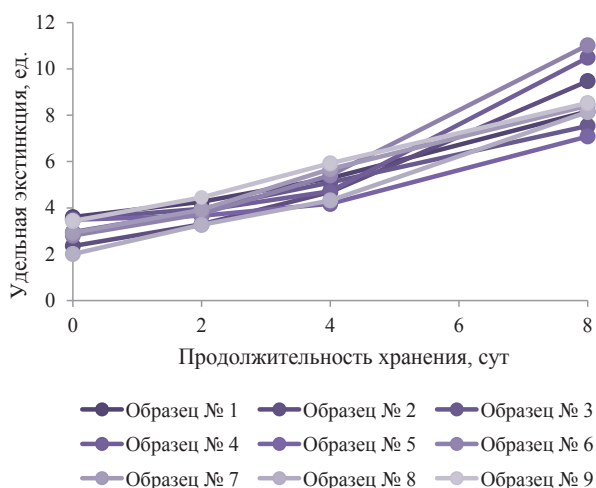


Рисунок 4. График изменения содержания конъюгированных диенов во время хранения эмульсий при 60 °С

Figure 4. Changes in the content of conjugated dienes during storage at 60°C

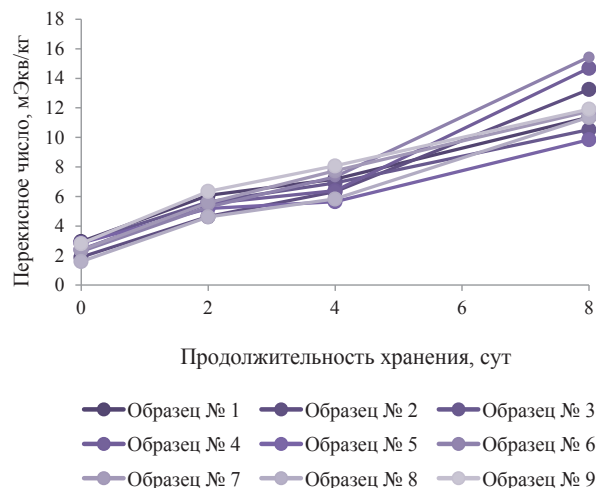


Рисунок 5. График изменения содержания перекисного числа во время хранения эмульсий при 60 °С

Figure 5. Changes in the content of peroxide value during storage at 60°C

не позволило проявить данное свойство ксантановой камеди. Также авторы указывают на прооксидантные свойства высокоэтерифицированного пектина в прямых эмульсиях, объясняющиеся присутствием эндогенных переходных металлов, что согласуется с полученными нами данными. Помимо ксантана, эмульсия на основе высокоэтерифицированного пектина обладала также низкой антиоксидантной активностью. Средние значения антиоксидантной активности были продемонстрированы образцами № 1 и 3, где образец с низкоэтерифицированным пектином проявляет свои свойства за счет реакции описанной выше аминокислотной группы, а образец камеди рожкового дерева за счет веществ полифенольной природы.

При сочетании ряда полисахаридов друг с другом некоторые комбинации проявляли более высокую окислительную стабильность, чем по отдельности. Например, в образце № 9 улучшенную окислительную стабильность, по сравнению с их индивидуальными полисахаридами, можно объяснить за счет хелатирования металлов из высокоэтерифицированного пектина ксантаном. Отрицательный эффект сочетания полисахаридов камеди рожкового дерева и высокоэтерифицированного пектина объясняется одновременным присутствием полифенолов в камеди рожкового дерева и эндогенными переходными металлами в высокоэтерифицированном пектине, дающих прооксидантный эффект при их совместном использовании. Комбинирование низкоэтерифицированного пектина и камеди рожкового дерева приводило к повышению окислительной стабильности за счет сочетанного действия обоих полисахаридов.

Принимая во внимание, что полисахариды в эмульсии находятся на границе раздела фаз, эффективность их межфазного распределения также может повлиять на ее окислительную стабильность. Характеристики микроструктуры эмульсий на основе индивидуальных полисахаридов в данном эксперименте по параметрам размера частиц и степени гомогенности сходятся с имеющимися научными данными, опубликованными в работе [47].

Опираясь на полученные данные окислительной стабильности и средние размеры частиц, можно сделать вывод об отсутствии корреляции между этими параметрами ($r = -0,096$). Это отличается от выводов работы [40], в которой содержание гидроперекисей в эмульсиях было значительно ниже в образцах с более мелкими размерами частиц. Согласно публикации [48] это может происходить за счет того, что площадь поверхности капель увеличивается с уменьшением их диаметра. Однако в работе М. Costa и др. сообщалось, что размер никак не повлиял на окислительную стабильность эмульсий типа масло в воде [49]. Отсутствие закономерности может быть

связано с тем, что отдельные полисахариды способны обладать антиоксидантными свойствами [45]. При этом размер частиц эмульсий, приготовленных на их основе, может быть больше. Образец № 3 отличался наименьшими размерами частиц, но его окислительная стабильность была достаточно низкой относительно других исследуемых образцов. Образец № 5 имел большие размеры частиц, но лучшую окислительную стабильность. Значения фрактальной размерности и лакуарности на примере образцов № 5 и 6 на 8-е сутки не имели достоверных отличий. Их показатели окисления были противоположны, поэтому можно сделать вывод об отсутствии тесной корреляции между ними.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что антиоксидантные свойства полисахаридов являются более значимым фактором, влияющим на окислительную стабильность масел, чем размер частиц эмульсий, фрактальная размерность и лакуарность.

Выводы

В работе определены макро- и микропараметры седиментационной устойчивости прямых эмульсий при хранении, а именно доля отслоившейся жидкости, средний размер частиц, фрактальная размерность и лакуарность. Определены показатели перекисного числа и конъюгированных диенов, отражающие развитие окислительных процессов в изучаемых образцах. Выявлено отсутствие корреляции между макро- и микропараметрами и окислительной устойчивостью среди исследуемых образцов. В связи с этим предположено, что в данных системах большую роль играет природа самих полисахаридов. Сделаны предположения о возможных механизмах действия полисахаридов, ответственных за про- или антиоксидантные свойства в составе пищевых эмульсий прямого типа.

В результате проведенных исследований установлено, что эмульсии на основе ксантановой камеди и ее комбинаций с другими полисахаридами обладают лучшей седиментационной устойчивостью. Сочетание камеди рожкового дерева и низкоэтерифицированного пектина приводит к получению эмульсий с более устойчивыми показателями к окислению. Сочетание камеди рожкового дерева и ксантановой камеди обеспечивает удовлетворительную седиментационную и окислительную устойчивость эмульсии.

Применение полученных результатов при разработке новых видов эмульсионных жировых продуктов позволит повысить их стабильность.

Критерии авторства

Ю. В. Фролова – проведение эксперимента и написание рукописи. Р. В. Соболев – проведение эксперимента и обработка экспериментальных

данных. В. А. Саркисян – организация и проведение эксперимента. А. А. Кочеткова – руководство научной работой и написание рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

Yu.V. Frolova conducted the experiment and wrote the manuscript. R.V. Sobolev conducted the experiment and processed experimental data. V.A. Sarkisyan organized the experiment. A.A.Kochetkova supervised the research and wrote the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Kouhi M., Prabhakaran M. P., Ramakrishna S. Edible polymers: An insight into its application in food, biomedicine and cosmetics // Trends in Food Science and Technology. 2020. Vol. 103. P. 248–263. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.025>
2. Jindal N., Khattar J. S. Microbial polysaccharides in food industry // Biopolymers for food design / editors A. M. Grumezescu, A. M. Holban. Academic Press, 2018. P. 95–123. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00004-9>
3. Muthukumar J., Chidambaram R., Sukumaran S. Sulfated polysaccharides and its commercial applications in food industries – A review // Journal of Food Science and Technology. 2021. Vol. 58. № 7. P. 2453–2466. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04837-0>
4. Delgado L. L., Masuelli M. A. Polysaccharides: concepts and classification // Evolution in Polymer Technology Journal. 2019. Vol. 2. № 2.
5. An overview of classifications, properties of food polysaccharides and their links to applications in improving food textures / X. Yang [et al.] // Trends in Food Science and Technology. 2020. Vol. 102. P. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.020>
6. Polysaccharides-based bio-nanostructures and their potential food applications / M. Bilal [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. Vol. 176. P. 540–557. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.107>
7. Srivastava N., Richa, Choudhury A. R. Recent advances in composite hydrogels prepared solely from polysaccharides // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2021. Vol. 205. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2021.111891>
8. Applications of mixed polysaccharide-protein systems in fabricating multi-structures of binary food gels – A review / X. Yang [et al.] // Trends in Food Science and Technology. 2021. Vol. 109. P. 197–210. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.002>
9. Li X., de Vries R. Interfacial stabilization using complexes of plant proteins and polysaccharides // Current Opinion in Food Science. 2018. Vol. 21. P. 51–56. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.05.012>
10. Wang Y., Ghosh S., Nickerson M. T. Effect of pH on the formation of electrostatic complexes between lentil protein isolate and a range of anionic polysaccharides, and their resulting emulsifying properties // Food Chemistry. 2019. Vol. 298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125023>
11. Formation and characterization of oil-in-water emulsions stabilized by polyphenol-polysaccharide complexes: Tannic acid and β -glucan / R. Li [et al.] // Food Research International. 2019. Vol. 123. P. 266–275. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.005>
12. Petitjean M., Isasi J. R. Chitosan, xanthan and locust bean gum matrices crosslinked with β -cyclodextrin as green sorbents of aromatic compounds // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. Vol. 180. P. 570–577. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.03.098>
13. Functional polysaccharides of carob fruit: a review / B.-J. Zhu [et al.] // Chinese Medicine. 2019. Vol. 14. № 1. <https://doi.org/10.1186/s13020-019-0261-x>
14. Concentrated O/W emulsions formulated by binary and ternary mixtures of sodium caseinate, xanthan and guar gums: rheological properties, microstructure, and stability / K. Abdolmaleki [et al.] // Food Science and Biotechnology. 2020. Vol. 29. № 12. P. 1685–1693. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00836-1>
15. Creaming and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions stabilized by whey protein-xanthan-locust bean complexes: Impact of pH / C. Owens [et al.] // Food Chemistry. 2018. Vol. 239. P. 314–322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.096>
16. Zdunek A., Pieczywek P. M., Cybulska J. The primary, secondary, and structures of higher levels of pectin polysaccharides // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2021. Vol. 20. № 1. P. 1101–1117. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12689>
17. Protocols for isolating and characterizing polysaccharides from plant cell walls: a case study using rhamnogalacturonan-II / W. J. Barnes [et al.] // Biotechnology for Biofuels. 2021. Vol. 14. № 1. <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01992-0>

18. Pectins from fruits: Relationships between extraction methods, structural characteristics, and functional properties / J. Cui [et al.] // Trends in Food Science and Technology. 2021. Vol. 110. P. 39–54. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.077>
19. Muñoz-Almagro N., Montilla A., Villamiel M. Role of pectin in the current trends towards low-glycaemic food consumption // Food Research International. 2021. Vol. 140. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109851>
20. Optimization of xanthan and locust bean gum in a gluten-free infant biscuit based on rice-chickpea flour using response surface methodology / S. Benkadri [et al.] // Foods. 2021. Vol. 10. № 1. <https://doi.org/10.3390/foods10010012>
21. Prajapati V. D., Maheriya P. M., Roy S. D. Locust bean gum-derived hydrogels // Plant and algal hydrogels for drug delivery and regenerative medicine / editors T. K. Giri, B. Ghosh. Woodhead Publishing, 2021. P. 217–260. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821649-1.00016-7>
22. Sworn G. Xanthan gum // Handbook of hydrocolloids. Third Edition / editors G. O. Phillips, P. A. Williams. Woodhead Publishing, 2021. P. 833–853. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00004-8>
23. Recent advances in improving stability of food emulsion by plant polysaccharides / P. Shao [et al.] // Food Research International. 2020. Vol. 137. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109376>
24. Emulsion structure design for improving the oxidative stability of polyunsaturated fatty acids / C. Wang [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2020. Vol. 19. № 6. P. 2955–2971. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12621>
25. Oxidative stability of sunflower oil flavored by essential oil from *Coriandrum sativum* L. during accelerated storage / D. Wang [et al.] // LWT. 2018. Vol. 98. P. 268–275. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.055>
26. Addition of anionic polysaccharides to improve the stability of rice bran protein hydrolysate-stabilized emulsions / X. Zang [et al.] // LWT. 2019. Vol. 111. P. 573–581. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.020>
27. Kishk Y. F. M., Al-Sayed H. M. A. Free-radical scavenging and antioxidative activities of some polysaccharides in emulsions // LWT – Food Science and Technology. 2007. Vol. 40. № 2. P. 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.11.004>
28. Physical and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions stabilized with β -lactoglobulin and pectin / M. S. Katsuda [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. Vol. 56. № 14. P. 5926–5931. <https://doi.org/10.1021/jf800574s>
29. Effects of inulin on the gel properties and molecular structure of porcine myosin: A underlying mechanisms study / Y. Zhang [et al.] // Food Hydrocolloids. 2020. Vol. 108. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105974>
30. Preparation of surfactant-free emulsions using amaranth starch modified by reactive extrusion / E. García-Armenta [et al.] // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2021. Vol. 608. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125550>
31. McClements D. J. Critical review of techniques and methodologies for characterization of emulsion stability // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2007. Vol. 47. № 7. P. 611–649. <https://doi.org/10.1080/10408390701289292>
32. Hara A., Radin N. S. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent // Analytical Biochemistry. 1978. Vol. 90. № 1. P. 420–426. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(78\)90046-5](https://doi.org/10.1016/0003-2697(78)90046-5)
33. Nieto-Calvache J. E., Gerschenson L. N., de Escalada Pla M. F. Papaya by-products for providing stability and antioxidant activity to oil in water emulsions // Journal of Food Science and Technology. 2021. Vol. 58. № 5. P. 1693–1702. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04679-w>
34. Oxidation of fish oil oleogels formed by natural waxes in comparison with bulk oil / H.-S. Hwang [et al.] // European Journal of Lipid Science and Technology. 2018. Vol. 120. № 5. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700378>
35. Delineating the inherent functional descriptors and biofunctionalities of pectic polysaccharides / M. Kumar [et al.] // Carbohydrate Polymers. 2021. Vol. 269. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118319>
36. Evelson L., Lukutsova N. Some practical aspects of fractal simulation of structure of nano-modified concrete // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Vol. 10. № 19. P. 40454–40456.
37. Nanoscale morphological analysis of soft matter aggregates with fractal dimension ranging from 1 to 3 / F. Valle [et al.] // Micron. 2017. Vol. 100. P. 60–72. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2017.04.013>
38. Dávila E., Parés D. Structure of heat-induced plasma protein gels studied by fractal and lacunarity analysis // Food Hydrocolloids. 2007. Vol. 21. № 2. P. 147–153. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.02.004>
39. Goodarzi F., Zendeboudi S. A comprehensive review on emulsions and emulsion stability in chemical and energy industries // Canadian Journal of Chemical Engineering. 2019. Vol. 97. № 1. P. 281–309. <https://doi.org/10.1002/cjce.23336>
40. Effects of droplet size on the oxidative stability of oil-in-water emulsions / K. Nakaya [et al.] // Lipids. 2005. Vol. 40. № 5. P. 501–507. <https://doi.org/10.1007/s11745-005-1410-4>
41. Influence of whey protein-xanthan gum stabilized emulsion on stability and *in vitro* digestibility of encapsulated astaxanthin / N. Boonlao [et al.] // Journal of Food Engineering. 2020. Vol. 272. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109859>
42. Продукты вторичного окисления пищевых масел и жиров. Оценка рисков для здоровья человека (сообщение 1) / М. А. Макаренко [и др.] // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 6. С. 125–138. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10074>

43. Impact of phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine on the oxidative stability of stripped peanut oil and bulk peanut oil / Q. Zhao [et al.] // *Food Chemistry*. 2020. Vol. 311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125962>
44. Free radical scavenging activity of carbonyl-amine adducts formed in soybean oil fortified with phosphatidylethanolamine / J. Goritschnig [et al.] // *Molecules*. 2020. Vol. 25. № 2. <https://doi.org/10.3390/molecules25020373>
45. Hamdani A. M., Wani I. A. Guar and Locust bean gum: Composition, total phenolic content, antioxidant and antinutritional characterization // *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2017. Vol. 11. P. 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.07.004>
46. Influence of anionic dietary fibers (xanthan gum and pectin) on oxidative stability and lipid digestibility of wheat protein-stabilized fish oil-in-water emulsion / C. Qiu [et al.] // *Food Research International*. 2015. Vol. 74. P. 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.022>
47. Effect of xanthan gum or pectin addition on Sacha Inchi oil-in-water emulsions stabilized by ovalbumin or tween 80: Droplet size distribution, rheological behavior and stability / J. Vicente [et al.] // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018. Vol. 120. P. 339–345. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.041>
48. Friberg S. E. Emulsion stability // *Food Emulsions*, 3rd edn. / editors S. E. Friberg, K. Larsson. New York: Marcel Dekker, 1997. P. 1–55.
49. Effects of droplet size on the interfacial concentrations of antioxidants in fish and olive oil-in-water emulsions and nanoemulsions and on their oxidative stability / M. Costa [et al.] // *Journal of Colloid and Interface Science*. 2020. Vol. 562. P. 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.12.01>

References

1. Kouhi M, Prabhakaran MP, Ramakrishna S. Edible polymers: An insight into its application in food, biomedicine and cosmetics. *Trends in Food Science and Technology*. 2020;103:248–263. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.025>
2. Jindal N, Khattar JS. Microbial polysaccharides in food industry. In: Grumezescu AM, Holban AM, editors. *Biopolymers for food design*. Academic Press; 2018. pp. 95–123. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00004-9>
3. Muthukumar J, Chidambaram R, Sukumaran S. Sulfated polysaccharides and its commercial applications in food industries – A review. *Journal of Food Science and Technology*. 2021;58(7):2453–2466. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04837-0>
4. Delgado LL, Masuelli MA. Polysaccharides: concepts and classification. *Evolution in Polymer Technology Journal*. 2019;2(2).
5. Yang X, Li A, Li X, Sun L, Guo Y. An overview of classifications, properties of food polysaccharides and their links to applications in improving food textures. *Trends in Food Science and Technology*. 2020;102:1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.020>
6. Bilal M, Gul I, Basharat A, Qamar SA. Polysaccharides-based bio-nanostructures and their potential food applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021;176:540–557. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.107>
7. Srivastava N, Richa, Choudhury AR. Recent advances in composite hydrogels prepared solely from polysaccharides. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 2021;205. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2021.111891>
8. Yang X, Li A, Li D, Guo Y, Sun L. Applications of mixed polysaccharide-protein systems in fabricating multi-structures of binary food gels – A review. *Trends in Food Science and Technology*. 2021;109:197–210. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.002>
9. Li X, de Vries R. Interfacial stabilization using complexes of plant proteins and polysaccharides. *Current Opinion in Food Science*. 2018;21:51–56. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.05.012>
10. Wang Y, Ghosh S, Nickerson MT. Effect of pH on the formation of electrostatic complexes between lentil protein isolate and a range of anionic polysaccharides, and their resulting emulsifying properties. *Food Chemistry*. 2019;298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125023>
11. Li R, Peng S, Zhang R, Dai T, Fu G, Wan Y, et al. Formation and characterization of oil-in-water emulsions stabilized by polyphenol-polysaccharide complexes: Tannic acid and β -glucan. *Food Research International*. 2019;123:266–275. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.005>
12. Petitjean M, Isasi JR. Chitosan, xanthan and locust bean gum matrices crosslinked with β -cyclodextrin as green sorbents of aromatic compounds. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021;180:570–577. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.03.098>
13. Zhu B-J, Zayed MZ, Zhu H-X, Zhao J, Li S-P. Functional polysaccharides of carob fruit: a review. *Chinese Medicine*. 2019;14(1). <https://doi.org/10.1186/s13020-019-0261-x>
14. Abdolmaleki K, Alizadeh L, Hosseini SM, Nayebezhadeh K. Concentrated O/W emulsions formulated by binary and ternary mixtures of sodium caseinate, xanthan and guar gums: rheological properties, microstructure, and stability. *Food Science and Biotechnology*. 2020;29(12):1685–1693. <https://doi.org/10.1007/s10068-020-00836-1>

15. Owens C, Griffin K, Khouryieh H, Williams K. Creaming and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions stabilized by whey protein-xanthan-locust bean complexes: Impact of pH. *Food Chemistry*. 2018;239:314–322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.096>
16. Zdunek A, Pieczywek PM, Cybulska J. The primary, secondary, and structures of higher levels of pectin polysaccharides. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021;20(1):1101–1117. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12689>
17. Barnes WJ, Koj S, Black IM, Archer-Hartmann SA, Azadi P, Urbanowicz BR, et al. Protocols for isolating and characterizing polysaccharides from plant cell walls: a case study using rhamnogalacturonan-II. *Biotechnology for Biofuels*. 2021;14(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01992-0>
18. Cui J, Zhao C, Feng L, Han Y, Du H, Xiao H, et al. Pectins from fruits: Relationships between extraction methods, structural characteristics, and functional proper-ties. *Trends in Food Science and Technology*. 2021;110:39–54. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.077>
19. Muñoz-Almagro N, Montilla A, Villamiel M. Role of pectin in the current trends towards low-glycaemic food consumption. *Food Research International*. 2021;140. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109851>
20. Benkadri S, Salvador A, Sanz T, Nasreddine Zidoune M. Optimization of xanthan and locust bean gum in a gluten-free infant biscuit based on rice-chickpea flour using response surface methodology. *Foods*. 2021;10(1). <https://doi.org/10.3390/foods10010012>
21. Prajapati VD, Maheriya PM, Roy SD. Locust bean gum-derived hydrogels. In: Giri TK, Ghosh B, editors. *Plant and algal hydrogels for drug delivery and regenerative medicine*. Woodhead Publishing; 2021. pp. 217–260. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821649-1.00016-7>
22. Sworn G. Xanthan gum. In: Phillips GO, Williams PA, editors. *Handbook of hydrocolloids*. Third Edition. Woodhead Publishing; 2021. pp. 833–853. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00004-8>
23. Shao P, Feng J, Sun P, Xiang N, Lu B, Qiu D. Recent advances in improving stability of food emulsion by plant polysaccharides. *Food Research International*. 2020;137. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109376>
24. Wang C, Sun C, Lu W, Gul K, Mata A, Fang Y. Emulsion structure design for improving the oxidative stability of polyunsaturated fatty acids. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020;19(6):2955–2971. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12621>
25. Wang D, Fan W, Guan Y, Huang H, Yi T, Ji J. Oxidative stability of sunflower oil flavored by essential oil from *Coriandrum sativum* L. during accelerated storage. *LWT*. 2018;98:268–275. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.055>
26. Zang X, Wang J, Yu G, Cheng J. Addition of anionic polysaccharides to improve the stability of rice bran protein hydrolysate-stabilized emulsions. *LWT*. 2019;111:573–581. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.020>
27. Kishk YFM, Al-Sayed HMA. Free-radical scavenging and antioxidative activities of some polysaccharides in emulsions. *LWT – Food Science and Technology*. 2007;40(2):270–277. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.11.004>
28. Katsuda MS, McClements DJ, Miglioranza LHS, Decker EA. Physical and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions stabilized with β -lactoglobulin and pectin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008;56(14):5926–5931. <https://doi.org/10.1021/jf800574s>
29. Zhang Y, Dong M, Zhang X, Hu Y, Han M, Xu X, et al. Effects of inulin on the gel properties and molecular structure of porcine myosin: A underlying mechanisms study. *Food Hydrocolloids*. 2020;108. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105974>
30. García-Armenta E, Picos-Corrales LA, Gutiérrez-López GF, Gutiérrez-Dorado R, Perales-Sánchez JXK, García-Pinilla S, et al. Preparation of surfactant-free emulsions using amaranth starch modified by reactive extrusion. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2021;608. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125550>
31. McClements DJ. Critical review of techniques and methodologies for characterization of emulsion stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2007;47(7):611–649. <https://doi.org/10.1080/10408390701289292>
32. Hara A, Radin NS. Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. *Analytical Biochemistry*. 1978;90(1):420–426. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(78\)90046-5](https://doi.org/10.1016/0003-2697(78)90046-5)
33. Nieto-Calvache JE, Gerschenson LN, de Escalada Pla MF. Papaya by-products for providing stability and antioxidant activity to oil in water emulsions. *Journal of Food Science and Technology*. 2021;58(5):1693–1702. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04679-w>
34. Hwang H-S, Phaner M, Winkler-Moser JK, Liu SX. Oxidation of fish oil oleogels formed by natural waxes in comparison with bulk oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2018;120(5). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700378>
35. Kumar M, Tomar M, Saurabh V, Sasi M, Punia S, Potkule J, et al. Delineating the inherent functional descriptors and biofunctionalities of pectic polysaccharides. *Carbohydrate Polymers*. 2021;269. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118319>
36. Evelson L, Lukutsova N. Some practical aspects of fractal simulation of structure of nano-modified concrete. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015;10(19):40454–40456.
37. Valle F, Brucale M, Chiodini S, Bystrenova E, Albonetti C. Nanoscale morphological analysis of soft matter aggregates with fractal dimension ranging from 1 to 3. *Micron*. 2017;100:60–72. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2017.04.013>

38. Dávila E, Parés D. Structure of heat-induced plasma protein gels studied by fractal and lacunarity analysis. *Food Hydrocolloids*. 2007;21(2):147–153. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.02.004>
39. Goodarzi F, Zendehboudi S. A comprehensive review on emulsions and emulsion stability in chemical and energy industries. *Canadian Journal of Chemical Engineering*. 2019;97(1):281–309. <https://doi.org/10.1002/cjce.23336>
40. Nakaya K, Ushio H, Matsukawa S, Shimizu M, Ohshima T. Effects of droplet size on the oxidative stability of oil-in-water emulsions. *Lipids*. 2005;40(5):501–507. <https://doi.org/10.1007/s11745-005-1410-4>
41. Boonlao N, Shrestha S, Sadiq MB, Anal AK. Influence of whey protein-xanthan gum stabilized emulsion on stability and *in vitro* digestibility of encapsulated astaxanthin. *Journal of Food Engineering*. 2020;272. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109859>
42. Makarenko MA, Malinkin AD, Bessonov VV, Sarkisyan VA, Kochetkova AA. Secondary lipid oxidation products. Human health risks evaluation (article 1). *Problems of Nutrition*. 2018;87(6):125–138. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10074>
43. Zhao Q, Wang M, Zhang W, Zhao W, Yang RJ. Impact of phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine on the oxidative stability of stripped peanut oil and bulk peanut oil. *Food Chemistry*. 2020;311. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125962>
44. Goritschnig J, Tadás K, König J, Pignitter M. Free radical scavenging activity of carbonyl-amine adducts formed in soybean oil fortified with phosphatidylethanolamine. *Molecules*. 2020;25(2). <https://doi.org/10.3390/molecules25020373>
45. Hamdani AM, Wani IA. Guar and Locust bean gum: Composition, total phenolic content, antioxidant and antinutritional characterization. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*. 2017;11:53–59. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2017.07.004>
46. Qiu C, Zhao M, Decker EA, McClements DJ. Influence of anionic dietary fibers (xanthan gum and pectin) on oxidative stability and lipid digestibility of wheat protein-stabilized fish oil-in-water emulsion. *Food Research International*. 2015;74:131–139. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.022>
47. Vicente J, Pereira LJB, Bastos LPH, de Carvalho MG, Garcia-Rojas EE. Effect of xanthan gum or pectin addition on Sacha Inchi oil-in-water emulsions stabilized by ovalbumin or tween 80: Droplet size distribution, rheological behavior and stability. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018;120:339–345. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.08.041>
48. Friberg SE. Emulsion stability. In: Friberg SE, Larsson K, editors. *Food Emulsions*, 3rd edn. New York: Marcel Dekker; 1997. pp. 1–55.
49. Costa M, Freiria-Gándara J, Losada-Barreiro S, Paiva-Martins F, Bravo-Díaz C. Effects of droplet size on the interfacial concentrations of antioxidants in fish and olive oil-in-water emulsions and nanoemulsions and on their oxidative stability. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2020;562:352–362. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.12.011>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-46-57>Review article
<https://fptt.ru/en>

Hybrid Strategy of Bioinformatics Modeling (*in silico*): Biologically Active Peptides of Milk Protein

Alexandr G. Kruchinin*, **Ekaterina I. Bolshakova**All-Russian Dairy Research Institute , Moscow, Russia

Received: 10.01.2022

Revised: 31.01.2022

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: a_kruchinin@vniimi.org

© A.G. Kruchinin, E.I. Bolshakova, 2022



Abstract.

Bioinformatic analysis methods are an auxiliary tool in the preliminary stage of research into biocatalytic conversion of proteins with predicted release of biologically active peptides. However, there are a number of factors ignored in current strategies for designing biologically active peptides, which prevents the complete prediction of their biological properties. This determines the relevance of the research objective, i.e. developing a hybrid strategy for bioinformatic modeling to study biologically active peptides of milk protein. The new strategy ranks key criteria based on high-performance algorithms of proteomic database. The research featured the scientific publications on *in silico* methods applied to biologically active peptides. Modern taxonomic methods of information retrieval were applied using the RSCI, Scopus and Web of Science databases.

The article introduces and describes step by step the optimal *in silico* hybrid strategy algorithm for studying biologically active milk protein peptides. The algorithm takes into account the safety assessment of all hydrolysis products, their physicochemical and technological properties. The strategy algorithm relies on analytical data on the protein profile, the amino acid sequence of proteins that make up the raw material, taking into account their polymorphism, and the subsequent identification of bioactive amino acid sites in the protein structure. The algorithm selects optimal enzyme preparations, as well as models the hydrolysis and assesses the peptide bioactivity using proteomic databases.

At the preliminary stage of protein hydrolysis, the new *in silico* strategy scientifically predicts the targeted release of stable peptide complexes of biologically active peptides with proven bioactivity, safety and sensory characteristics. The hybrid algorithm contributes to accumulation of the necessary primary data so as to reduce the time and cost of laboratory experiments.

Keywords. Milk proteins, peptides, database, bioinformatics, *in silico*

Funding. The research was supported by the Russian Science Foundation (RSF) , grant No. 21-76-00044.

For citation: Kruchinin AG., Bolshakova EI. Hybrid Strategy of Bioinformatics Modeling (*in silico*): Biologically Active Peptides of Milk Protein. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):46–57. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-46-57>

Гибридная стратегия биоинформатического моделирования (*in silico*) для изучения биологически активных пептидов молочного белка



А. Г. Кручинин*, Е. И. Большакова

Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 10.01.2022

Поступила после рецензирования: 31.01.2022

Принята в печать: 14.02.2022

*e-mail: a_kruchinin@vniimi.org

© А. Г. Кручинин, Е. И. Большакова, 2022



Аннотация.

Методы биоинформатического анализа – вспомогательный инструмент в проведении предварительного этапа исследований процесса биокаталитической конверсии белков с прогнозируемым высвобождением биологически активных пептидов. Однако существует ряд факторов, не учитывающихся в современных стратегиях при проектировании биологически активных пептидов, что препятствует полномасштабному прогнозированию их биологических свойств. Это обуславливает актуальность выбранной цели исследования – разработку гибридной стратегии биоинформатического моделирования для изучения биологически активных пептидов молочного белка с учетом ранжирования ключевых критериев на основе высокопроизводительных алгоритмов протеомных баз данных.

Объектом исследования является научная литература, касающаяся методов *in silico* биологически активных пептидов. Применялись современные таксонометрические методы поиска информации с использованием баз данных РИНЦ, Scopus и Web of Science.

Сформирован и поэтапно описан оптимальный алгоритм гибридной стратегии *in silico* изучения биологически активных пептидов молочного белка с учетом оценки безопасности всех продуктов гидролиза, их физико-химических и технологических свойств. Алгоритм стратегии сформирован исходя из аналитических данных о белковом профиле, аминокислотной последовательности белков, входящих в состав сырья с учетом их полиморфизма, и последующей идентификации биоактивных аминокислотных сайтов в структуре белка. В алгоритм включен подбор оптимальных ферментных препаратов и моделирование гидролиза с оценкой биоактивности пептидов по протеомным базам данных. Предложенная стратегия *in silico* позволит на предварительном этапе проведения гидролиза белка научно прогнозировать направленное высвобождение стабильных пептидных комплексов биологически активных пептидов с доказанными биоактивностью, безопасностью и сенсорными характеристиками. Гибридный алгоритм будет способствовать аккумулированию необходимых первичных данных для сокращения временных и финансовых затрат на проведение реальных экспериментов.

Ключевые слова. Молочные белки, пептиды, база данных, биоинформатика, *in silico*

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (РНФ) № 21-76-00044.

Для цитирования: Кручинин А. Г., Большакова Е. И. Гибридная стратегия биоинформатического моделирования (*in silico*) для изучения биологически активных пептидов молочного белка // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 46–57. (На англ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-46-57>

Introduction

Recent years have seen an increase in the number of biotechnological studies aimed at assessing the role of biologically active peptides derived from food raw materials for regulating body functions, maintaining immunological status, and reducing the risk of chronic disease development [1, 2]. Scientists proved that biologically active peptides demonstrate antimicrobial, hypocholestermic, antihypertensive, antioxidant, antidiabetic, immunomodulatory and other properties [3–9]. PeptidOme of dairy raw materials is considered one of the most valuable sources for isolating bioactive peptides encoded in its structure [10]. Most biologically active peptides identified in dairy products range from 2 to 20 amino acids in length. This corresponds to a molecular weight range of 0.24–2.50 kDa. As the length of the peptide increases, the probability of forming secondary structure elements rises, which results in steric hindrances to the manifestation of various biological activities. Exposure to proteases brings about the release of bioactive peptides from the amino acid sequence of a protein. This exposure takes place during gastrointestinal digestion, fermentation of milk proteins using proteolytic systems of lactic acid bacteria in the process of ripening, technological treatment of raw materials (homogenization, high temperature treatment, ultrasound, etc.) and bio-conversion of protein raw materials with purified preparations of proteolytic enzymes [11–13].

The classical strategy for research of biologically active peptides relies on the unpredictable cleavage of peptide bonds in the protein structure by proteases *in vitro*, followed by the purification of hydrolysis products and evaluation of their bioactivity *in vivo*. However, this strategy suffers from a number of shortcomings, including a high labor intensity and a long process, as well as high financial costs [14]. With computer technology and in-depth analytical research methods developing rapidly, integrated proteomic data banks, such as NCBI, BIOPEP, UniProt, PepBank, SwePep, etc. were created. Implementing bioinformatic analysis algorithms on these platforms allows the detection of peptide bonds in the protein structure sensitive to proteolytic cleavage, amino acid sequences of proteins and derived peptides, their functionality, allergenicity, chelating ability, etc. [15–17].

Methods of bioinformatic analysis (*in silico*) are an auxiliary tool in preliminary studying the biocatalytic conversion of proteins (using “digital twin” models) by different proteases with predicted release of biologically active peptides. Since peptides, like proteins, exhibit a high degree of structure-activity relationship, the presence and location of certain amino acid residues (biomarkers) can indicate the

properties and potential bioactivity of peptides [18]. For example, E.Yu. Agarkova and A.G. Kruchinin showed in their article that redox-active amino acid residues (C, H, Y, W and M) are an important structural descriptor of antioxidant peptides [19]. Residues of hydrophobic amino acid enhance the antioxidant properties of peptides in systems containing the lipid phase. Amino acids with ionogenic groups in side radicals are responsible for binding metal ions of variable valence. Thus, predictive modeling of biological activities in peptides based on biomarkers reduces the number and duration of experiments to obtain representative data [18]. Bioinformatic analysis integrated into research developed new strategies for discovering bioactive peptides and proving their role at the organismic level. Most *in silico* working strategies are based on a paradigm that selects protein substrate and enzymes to generate bioactive peptides (taking into account the frequency and release efficiency criteria), carry out molecular docking, and screen virtually peptide sequences for further optimization of biopeptide release from food protein substrates [20, 21].

However, the design and generation of biologically active peptides neglect a number of factors. For example, the genetic polymorphism of milk proteins associated with amino acid mutations in its structure can affect the type and biological activity of the released peptides [22]. Diversity of the protein matrix of food raw materials should be considered another important factor, as well as their bioavailability for enzymatic cleavage, taking into account the conformational and intermolecular changes during technological processing. Considering peptidomics as an integral part of fudomics, one should pay special attention to predicting the sensory characteristics of hydrolysis products, aim to minimize the formation of free amino acids at the *in silico* stage, as well as level out the formation of bitterness and non-specific flavor as much as possible. A key criterion in the development and identification of biologically active peptides is food safety. That is why a bioinformatic approach to modeling biologically active peptides should predict such factors as toxicity and allergenicity of the peptides released from the protein structure. In terms of technological properties, an important factor is predicting the stability of biologically active peptides during *in silico* modeling. Bioinformatics can predict the average molecular weight, thermal stability (aliphatic index), solubility (hydropathy index), etc. This enables assessment of stability for hydrolysis products during further technological processing and storage. Since bioactive peptides can be completely or partially degraded by digestive proteases in the human gastrointestinal tract and subsequently lose biological activity,

bioinformatic modeling of the resistance of bioactive peptides to hydrolysis by digestive enzymes is considered an important part of the final stage. For example, proline in biologically active peptides increases their resistance to GI peptidases [19].

The foregoing determines the relevance of the study objective, i.e. developing a hybrid strategy for bioinformatic modeling so as to study biologically active peptides of milk protein, taking into account the ranking of key criteria based on high-performance proteomic database algorithms.

Study objects and methods

Analysis embraced Russian and foreign scientific publications dealing with the use of bioinformatic data banks in studying proteins or peptides of food biosystems. It was carried out on the main scientometric databases RSCI, Scopus and Web of Science. The search query excluded teaching materials, as well as conference materials and proceedings. Search descriptors in article titles, keywords, and abstracts included the following words and phrases: food proteins, bioactive peptides, database, bioinformatics, *in silico*. The depth of analysis for scientific publications was limited to a 20-year period. This approach allowed us to identify key actualizable databases and form the fundamental criteria for bioinformatic modeling of targeted hydrolysis of food proteins in order to predict the release of biopeptides from their structures.

Results and discussion

Resultant from the development of principles for the bioinformatic approach in peptidomics, numerous databases were created, including data banks of proteins, as well as enzymes, sensory, allergenic, bioactive and hypothetically bioactive peptides. In addition to listing members of each group, the databases contain associated analytical bioinformatics tools. Thanks to them, one can extract information about the dis-/similarity of given protein structures, their amino acid sequence, theoretical enzymatic cleavage, physicochemical properties, chelating ability, proven or predicted functionality, allergenicity, toxicity, etc.

In a number of studies, scientists used various bioinformatic resources successfully to create algorithms and strategies for predicting the isolation of biologically active peptide from food raw materials [23–25]. Taking into account the characteristics of raw materials or the process of generating biologically active peptides, the authors point out that each individual food object requires appropriate *in silico* modeling tools.

Analysis and systematization of international experience resulted in development and thorough description of an optimal algorithm for a hybrid

strategy of bioinformatic modeling so as to study biologically active peptides of milk protein. The strategy takes into account the most significant criteria that increase the probability of obtaining peptides with predictable bioactivity, safety, and acceptable sensory characteristics (Fig. 1).

Protein profile analysis of milk raw materials. The fractional composition of raw milk is not constant and depends on paratypical (period of the year, feeding ration, lactation period, animal health, etc.), genotypical (heredity, breed, individual genotype, etc.) and technological (heat treatment, homogenization, membrane processing, etc.) factors [26]. In this regard, the preliminary proteomic studies require qualitative and quantitative determination of protein fractions for dairy raw materials due to their instability. To determine the total content of casein and serum proteins and to identify protein fractions, one needs to use a set of multi-directional techniques, such as the Kjeldahl method, one- or two-dimensional gel electrophoresis with isoelectric focusing, high-performance liquid chromatography, etc. In addition, high-performance liquid chromatography with time-of-flight mass spectrometry will assess changes in the peptide profile in dairy raw materials depending on various technological factors.

Thus, complete systematic mapping of proteins in dairy raw materials, taking into account the conformational and proteomic changes associated with the technological features of modern production, seems to be a powerful tool at the initial stage of the bioinformatic modeling strategy.

Protein amino acid sequence analysis taking into account genetic polymorphism. The next stage of the strategy involves obtaining data on the amino acid sequences of all protein fractions identified in the composition of raw milk. Data on the amino acid sequence, including the protein gene polymorphism (if necessary), its codifiers, molecular weight, and source, can be retrieved from bioinformatic databases and associated tools: NCBI, Uniprot and BIOPEP [27]. These resources are often used to identify the amino acid sequences of proteins while studying *in silico* new bioactive peptides from animal raw materials and creating databases of sensory peptides [25, 28, 29]. However, *in silico* studies do not take into account information about the genetic variability of protein structures.

The polymorphism of the gene, encoding the amino acid sequence in the protein structure, plays an essential role in the strategy for bioinformatic modeling of enzymatic bioconversion of milk proteins. Amino acid mutations result in the random

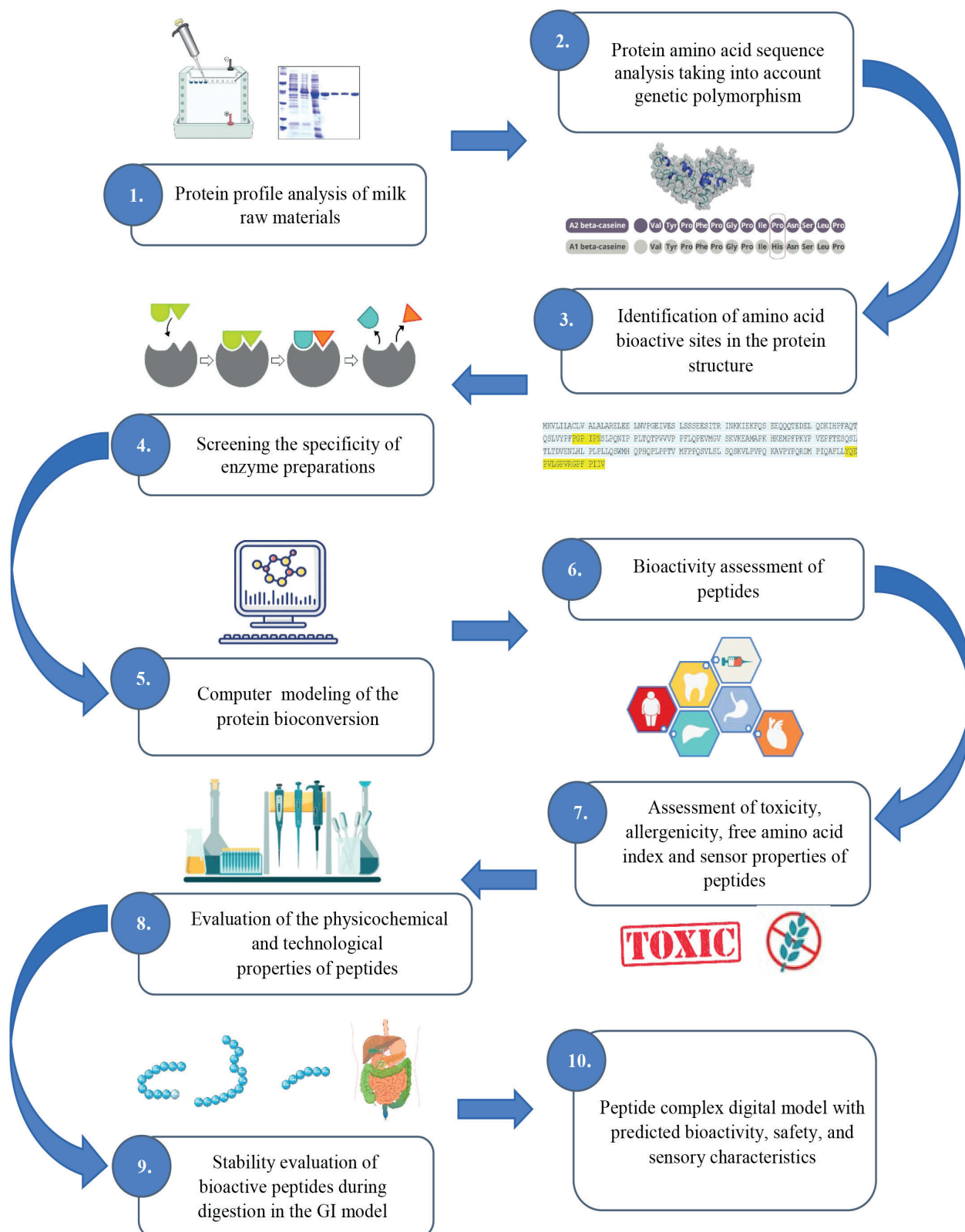


Figure 1. Hybrid strategy algorithm of bioinformatic *in silico* modeling to be used in research on biologically active peptides of milk protein

replacement of single amino acids in the protein structure, which affects its properties as well as the bioactivity and degree of peptide release. The effects of gene polymorphism on the amino acid sequence have been noted in a number of studies and constitute a proven fact [30, 31]. Researchers at the University of Limerick stated that the genetic polymorphism of dairy proteins in raw milk obtained from producing animals of the same breed affects the types of bioactive peptides it contains [24]. The direction of hydrolysis can also depend on the genetic variation of the protein. This effect has been mentioned in the study of polymorphic variants of β -casein and their effect on digestion in the GI tract *ex vivo* [32]. Consequently, when modeling the targeted hydrolysis of milk protein raw materials, it is necessary to take into account their genotypic traits because they can determine the direction of hydrolysis and the composition of bioactive sites within the protein structure.

The fact that dairy plants receive milk from farms in a bulk milk tank (mixed) poses the main problem for genetic identification of expressed protein fractions in raw milk. Milk collected from different cows is characterized by heterogeneity of genetic variants of a certain protein, which complicates its controlled bioconversion. The laboratory of canned milk at the All-Russian Dairy Research Institute has developed a modern technique for molecular genetic evaluation of the ratio of relative shares of the *CSN3* gene alleles in mixed dairy products [33]. Based on the proposed technique, the authors developed a bioinformatic analysis program *Calculating the ratio of the relative proportions of κ -casein alleles in collected milk*, available at www.tinyurl.com/allelesprog. Improving this technique and projecting it onto other biotechnologically relevant protein fractions will allow integration of this tool into the strategy of bioinformatic modeling (*in silico*) from the position of rational processing milk raw materials for the predicted release of biologically active peptides.

Identification of amino acid bioactive sites in the protein structure. A key step in *in silico* modeling of hydrolysis is identifying locations of bioactive sites encoded in the amino acid sequences of protein substrates, taking into account genetic polymorphism with the aim of their further targeted release. The evaluation criterion is the frequency of bioactive sites occurrence in the protein structure. Bioactive peptides within the amino acid structure of a protein may be searched by its identifier using the bioinformatic database tools MBPDB and BIOPEP [34]. Bioinformatic algorithms of these databases are able to perform a search query in the following variations: searching for bioactive peptides in the structure of a particular protein; searching for a specific amino

acid sequence and assessing homology of biofunctional properties, as well as identifying precursor proteins [35, 36]. The resultant set contains data of bioactive peptides with annotated amino acid sequences included in the studied protein (peptide mapping), their functions, level of bioactivity, and references to primary sources of research data. The data set allows one to simplify the process and reduce labor costs of releasing bioactive peptides from complex protein matrices [37, 38]. The targeted hydrolysis will result in the release of not only the maximum possible number of functional peptides, but also those whose bioactivity is not annotated. The bioinformatic tools BLAST NCBI, ExPASy SIM Alignment Tool and Uniprot (ALIGN) are used to compare amino acid sequences (alignment) in order to identify protein structures similar in motifs and functionality [39]. It is worth noting that working with these resources requires care in formulating conclusions. R.A. González-Pech *et al.* have drawn attention to cases of incorrect interpretation of the data obtained through these algorithms [40].

Most other tools used for identifying bioactive peptides, such as APD, PeptideDB, BioPepDB, etc., operate on the basis of an inverse algorithm [41, 42]. This algorithm focuses on the amino acid sequences of peptides whose isolation from the protein requires prior use of resources modelling enzymatic cleavage. This approach forms many options for directing the hydrolysis, since enzyme complexes or individual enzyme preparations will have an individual bioinformatic scheme of cleavage. Processing such a data set implies a time cost, provided that there are no limitations in the number of enzyme systems. A number of publications on *in silico* studies of protein microstructures of collagens, tomato seeds, mung beans, etc. also used this classical algorithm – from enzymatic cleavage to evaluation of peptide properties [43–45].

Screening the specificity of enzyme preparations. The task of the next stage of the bioinformatic modeling strategy is to screen the specificity of enzyme preparations taking into account the hydrolysable peptide bonds at the sites of bioactive peptides. The bioinformatic tool ExPASy Peptide Cutter extracts information about the enzymes appropriate for selected protein substrates and indicates the hydrolysable peptide bond between amino acids. Using this information, BIOPEP's "Batch Processing" provides a list of selected amino acid sequences and a list of bioactive peptides included in it.

Enzymatic screening can also be performed with another BIOPEP tool, "Find the enzyme for peptide

release”, where the raw data are bioactive peptides and the amino acid sequence of the protein from which they are to be extracted. It is important to enter peptides in FASTA format as follows: “> peptide 1 IPP (amino acid sequence of bioactive peptide)”. There can be several peptides, and each must be specified with a new line and a new number. The result of the data processing is a list of enzymes suitable for targeted hydrolysis.

Computer modeling of the protein bioconversion. After suitable enzymes are selected in this way, all enzymatic cleavage products can be analyzed in BIOPEP’s section “Enzymes action” by selecting the option “Enzymes action for your sequence”. This tool features the complete picture of protein hydrolysis into peptides. Even taking into account the poly-enzyme system. Computer modeling of bioconversion should be performed on a “digital twin” model of the substrate. A digital twin is formed from the analytical data on the protein profile of the raw milk used. Bioconversion modeling is carried out for each protein fraction, after which the hydrolysis products are combined and analyzed. The only drawback of this scheme is that this tool does not take into account the hydrolysis conditions, namely temperature, duration, substrate-enzyme ratio and pH. This offers the basis for studies to optimize the conditions of enzymatic hydrolysis, taking into account technological factors *in vitro*.

Bioactivity assessment of peptides. After targeted hydrolysis on the “digital twin” model of the complex protein matrix of dairy raw materials with enzymes selected after screening, all reaction products should be evaluated for biofunctionality by means of tools. They are listed in “Identification of Bioactive Amino Acid Sites in Protein Structure”. In addition to the described bioinformatic resources used to determine the bioactivity of peptides, another tool, Peptide Ranker, is worth mentioning. In the study by S. Nebbia *et al.*, it helped select only 10 out of 30 000 prognostically formed peptides for further study [35]. This resource identifies the biological activity of peptides according to certain structural characteristics on a scale from 0 to 1, in which any peptide scoring above 0.5 is considered biologically active [44, 46]. Using this tool Y. Gu *et al.* evaluated the effect of different types of cultures on the peptide profile of yogurts [47]. M. Tu *et al.* studied biologically active peptides derived from casein hydrolysis [48]. In addition, there are a number of narrowly focused databases that will help in the targeted search for bioactivity. Among such databases, MilkAMP (antimicrobial peptide database), AHTPDB (antihypertensive peptide database), etc. stand out.

Assessment of toxicity, allergenicity, free amino acid index and sensor properties of peptides. Since one of the main objectives of biotechnology is to ensure the safety of isolated substances, a necessary step consists in testing peptides obtained by targeted hydrolysis for adverse effects.

According to the publications, there are approximately 170 food allergens that cause IgE-mediated allergic reactions. 90% of these reactions are caused by food allergens representing 8 groups, including milk and dairy products [49, 50]. Almost all milk proteins are immunoreactive due to a large number of antigenic determinants (epitopes) in their amino acid sequences [51, 52]. On this basis, a prerequisite for *in silico* analysis is to predict the residual antigenicity of all hydrolysis products. It is possible by means of IUIS and BIOPEP databases containing up-to-date information on allergenic protein epitopes. In addition to the search systems of these two bases, there are bioinformatic tools such as Allergenic Protein Sequence Searches and AlgPred2 [53]. They help predict the allergenicity of isolated peptides and the protein as a whole by amino acid sequence. To perform alignment, AlgPred2 is paired with IEDB, which is a database of experimental data on antibody epitopes studied in the context of infectious diseases, allergy, autoimmunity and transplantation, as well as with the NCBI BLAST tool. It is also coupled with the MERCI software to identify allergenic sites in the protein structure [54].

Bioinformatic data on the allergenicity of protein microstructures will allow correcting the hydrolysis process by changing the proteolytic system or adding a second hydrolysis step to break down allergenic sites, which is used in practice to reduce food allergenicity [55].

Apart from allergenicity, toxicity of substances should be taken into account. It is evaluated using ToxinPred. It is a web server based on a peptide dataset consisting of 1805 toxic peptides obtained from various databases (ATDB, Arachno-Server, Conoserver, DBETH, BTXpred, NTXpred and SwissProt) [56]. There is evidence that certain amino acid residues, such as *Cys*, *His*, *Asn*, *Pro*, or the *Phe-Lys-Lys*, *Leu-Lys-Leu*, *Lys-Lys-Leu-Leu*, *Lys-Trp-Lys*, *Cys-Tyr-Cys-Arg* sites, are frequently found in toxic peptides, whereas *Arg*, *Leu*, *Lys*, and *Ile* are the least common [56, 57]. Bioinformatic tools for predicting toxicity *in silico* work on the principle of analyzing amino acid sequence for specific amino acid sites [58]. Current computational approaches used in toxicology are thoroughly described in studies of antidiabetic, antihy-

pertensive, antioxidant peptides and other biological objects for bioinformatic safety assessments [59–63].

For the food industry or pharmaceuticals to continue using bioactive peptides, it is necessary to predict their flavor profile and sensory characteristics in combination. Sensory characteristics of biologically active peptides are another significant descriptor that bioinformatics tools provide for analysis. The taste profile can be predicted due to the BIOPEP, which contains a database of sensory peptides, as well as the BitterDB, which contains peptides with bitter taste [64]. In addition to sensory peptides with bitter, sweet and umami tastes, the abnormal taste profile for hydrolysates can be formed due to a high index of free amino acids (FAA) [65]. This indicator can be evaluated and corrected during computer modeling of the targeted protein bioconversion *in silico*.

Evaluation of the physicochemical and technological properties of peptides. The amino acid sequence in the structure of peptides obtained as a result of hydrolysis affects the stability of the system, physicochemical and technological properties. They will affect the application scope for the obtained components. The bioinformatic tool PepCalc was successfully used in a number of studies to predict physicochemical properties. It can be used to predict peptide solubility in water, theoretical molecular weight, isoelectric point, total charge as a function of pH, extinction coefficient, and instability index [66–68]. The importance of predicting the instability index, characterizing intramolecular stability, lies in the correlation of this index with the thermostability of peptides. This is a significant factor in the technological process (heat treatment) and in the microbiological safety of hydrolysis products [69]. Therefore, the instability index can be viewed as one of the criteria for evaluating the targeted hydrolysis model or a basis for its possible adjustment.

The ExPASy ProtParam and ProtPi tools can also be used to predict the instability index, half-life, extinction coefficient, hydropathicity (GRAVY) and some other characteristics.

Stability evaluation of bioactive peptides during digestion in the gastrointestinal model. The structure of biologically active peptides can be destroyed in the gastrointestinal tract by the action of digestive enzymes with complete or partial loss of biofunctional properties. Therefore, it is pointless to extract biologically active peptides blindly, without taking into account degradation in the GI tract. Evaluating peptide stability during simulated digestion is an important

final step in a hybrid strategy of bioinformatic modeling (*in silico*) for targeted hydrolysis. *In silico* modeling of digestion can be accomplished via the bioinformatic resources described earlier in “Screening the Specificity of Enzyme Preparations”. To simulate digestion in the gastrointestinal tract, three main digestive enzymes, produced in the human body, are used: trypsin, chymotrypsin and pancreatic elastase [70].

Digital model of a peptide complex. Based on the sequentially generated algorithm *in silico*, it seems objectively possible to create a digital model of the peptide complex. The peptide complex with predicted bioactivity, safety, and sensory characteristics may be an object of subsequent scaling studies in real experimental conditions.

Conclusion

By evaluating the capabilities of multi-directional bioinformatic analysis methods combined with high-performance algorithms of proteomic database, it is possible to combine and integrate them into a hybrid strategy for the bioinformatic modeling (*in silico*) of hydrolysis for targeted release of stable peptide complexes with predictable bioactivity, stability, safety and sensory characteristics from complex protein matrices of dairy raw materials. In the generated hybrid strategy algorithm for a bioinformatic modeling, the main emphasis is placed on safety due to excluding the formation of peptide forms that have a negative impact on the functioning of human organs and human health in general.

The data obtained by bioinformatic modeling (*in silico*) do not always fully correlate with the experimental data obtained *in vitro* and *in vivo* during targeted hydrolysis of milk protein and yet the hybrid algorithm presented in this article facilitates the accumulation of the necessary primary data to reduce the time and financial costs of real experiments.

However, despite all the advantages of bioinformatics and various strategies, *in silico* remains only a preliminary step in a cascade of studies for biologically active milk protein peptides due to the impossibility of predicting the theoretical enzymatic cleavage under various technological conditions (temperature, duration, active acidity, substrate-enzyme ratio). This offers the basis for studies to optimize the conditions of enzymatic hydrolysis, taking into account technological factors *in vitro*.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References

1. Karami Z, Akbari-Adergani B. Bioactive food derived peptides: a review on correlation between structure of bioactive peptides and their functional properties. *Journal of Food Science and Technology*. 2019;56(2):535–547. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3549-4>
2. Hafeez Z, Cakir-Kiefer C, Roux E, Perrin C, Miclo L, Dary-Mourot A. Strategies of producing bioactive peptides from milk proteins to functionalize fermented milk products. *Food Research International*. 2014;63:71–80. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.002>
3. Kamali Alamdari E, Ehsani MR. Antimicrobial peptides derived from milk: A review. *Journal of Food Biosciences and Technology*. 2017;7(1):49–56.
4. Ryazantseva KA, Agarkova EYu, Fedotova OB. Continuous hydrolysis of milk proteins in membrane reactors of various configurations. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(2):271–281. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-271-281>
5. Kruchinin AG, Savinova OS, Glazunova OA, Moiseenko KV, Agarkova EYu, Fedorova TV. Hypotensive and hepatoprotective properties of the polysaccharide-stabilized foaming composition containing hydrolysate of whey proteins. *Nutrients*. 2021;13(3). <https://doi.org/10.3390/nu13031031>
6. Peighambaroust SH, Karami Z, Pateiro M, Lorenzo JM. A review on health-promoting, biological, and functional aspects of bioactive peptides in food applications. *Biomolecules*. 2021;11(5). <https://doi.org/10.3390/biom11050631>
7. Bielecka M, Cichosz G, Czczot H. Antioxidant, antimicrobial and anticarcinogenic activities of bovine milk proteins and their hydrolysates – A review. *International Dairy Journal*. 2021;127. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105208>
8. Huang S, Gong Y, Li Y, Ruan S, Roknul Azam SM, Duan Y, et al. Preparation of ACE-inhibitory peptides from milk protein in continuous enzyme membrane reactor with gradient dilution feeding substrate. *Process Biochemistry*. 2020;92:130–137. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.02.030>
9. Chalamaiah M, Yu W, Wu J. Immunomodulatory and anticancer protein hydrolysates (peptides) from food proteins: A review. *Food Chemistry*. 2018;245:205–222. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.087>
10. Giacometti J, Buretić-Tomljanović A. Peptidomics as a tool for characterizing bioactive milk peptides. *Food Chemistry*. 2017;230:91–98. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.016>
11. Hayes M, Stanton C, Fitzgerald GF, Ross RP. Putting microbes to work: Dairy fermentation, cell factories and bioactive peptides. Part II: Bioactive peptide functions. *Biotechnology Journal*. 2007;2(4):435–449. <https://doi.org/10.1002/biot.200700045>
12. Etemadian Y, Ghaemi V, Shaviklo AR, Pourashouri P, Sadeghi Mahoonak AR, Rafipour F. Development of animal/plant-based protein hydrolysate and its application in food, feed and nutraceutical industries: State of the art. *Journal of Cleaner Production*. 2021;278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123219>
13. Sánchez A, Vázquez A. Bioactive peptides: A review. *Food Quality and Safety*. 2017;1(1):29–46.
14. Nongonierma AB, FitzGerald RJ. Strategies for the discovery and identification of food protein-derived biologically active peptides. *Trends in Food Science and Technology*. 2017;69:289–305. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.003>
15. Yu Z, Chen Y, Zhao W, Zheng F, Ding L, Liu J. Novel ACE inhibitory tripeptides from ovotransferrin using bioinformatics and peptidomics approaches. *Scientific Reports*. 2019;9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53964-y>
16. Tu M, Cheng S, Lu W, Du M. Advancement and prospects of bioinformatics analysis for studying bioactive peptides from food-derived protein: Sequence, structure, and functions. *TrAC – Trends in Analytical Chemistry*. 2018;105:7–17. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.04.005>
17. Barati M, Javanmardi F, Jabbari M, Mokari-Yamchi A, Farahmand F, Eş I, et al. An *in silico* model to predict and estimate digestion-resistant and bioactive peptide content of dairy products: A primarily study of a time-saving and affordable method for practical research purposes. *LWT*. 2020;130. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109616>
18. Panyayai T, Ngamphiw C, Tongsimas S, Mhuanong W, Limsiraphan W, Choowongkomon K, et al. PeptideDB: A web application for new bioactive peptides from food protein. *Heliyon*. 2019;5(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02076>
19. Agarkova EYu, Kruchinin AG. Enzymatic conversion as a method of producing biologically active peptides. *Vestnik of MSTU*. 2018;21(3):412–419. (In Russ.). <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-412-419>

20. FitzGerald RJ, Cermeño M, Khalesi M, Kleekayai T, Amigo-Benavent M. Application of *in silico* approaches for the generation of milk protein-derived bioactive peptides. *Journal of Functional Foods*. 2020;64. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103636>
21. Agyei D, Tsopmo A, Udenigwe C. Bioinformatics and peptidomics approaches to the discovery and analysis of food-derived bioactive peptides. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2018;410(15):3463–3472. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-0974-1>
22. Ryskaliyeva A, Henry C, Miranda G, Faye B, Konuspayeva G, Martin P. Alternative splicing events expand molecular diversity of camel CSN1S2 increasing its ability to generate potentially bioactive peptides. *Scientific Reports*. 2019;9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-41649-5>
23. Ryazantzeva KA, Agarkova EYu. Using *in silico* methods to obtain bioactive peptides of whey. *Food Industry*. 2021;(5):32–35. (In Russ.). <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.5.5.007>
24. Peredo-Lovillo A, Hernández-Mendoza A, Vallejo-Cordoba B, Romero-Luna HE. Conventional and *in silico* approaches to select promising food-derived bioactive peptides: A review. *Food Chemistry: X*. 2021;13. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100183>
25. Lafarga T, O'Connor P, Hayes M. Identification of novel dipeptidyl peptidase-IV and angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides from meat proteins using *in silico* analysis. *Peptides*. 2014;59:53–62. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2014.07.005>
26. Kruchinin AG, Turovskaya SN, Illarionova EE, Bigaeva AV. Evaluation of the effect of κ -casein gene polymorphism in milk powder on the technological properties of acid-induced milk gels. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(1):53–66. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-53-66>
27. Bateman A, Martin MJ, O'Donovan C, Magrane M, Apweiler R, Alpi E, *et al.* UniProt: a hub for protein information. *Nucleic Acids Research*. 2015;43(D1):D204–D212. <https://doi.org/10.1093/nar/gku989>
28. Nongonierma AB, FitzGerald RJ. Enhancing bioactive peptide release and identification using targeted enzymatic hydrolysis of milk proteins. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2018;410(15):3407–3423. <https://doi.org/10.1007/s00216-017-0793-9>
29. Iwaniak A, Minkiewicz P, Darewicz M, Sieniański K, Starowicz P. BIOPEP database of sensory peptides and amino acids. *Food Research International*. 2016;85:155–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.031>
30. Dyachenko EA, Slugina MA. Intraspecific variability of the *SusI* sucrose synthase gene in *Pisum sativum* accessions. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(1):108–114. (In Russ.). <https://doi.org/10.18699/VJ18.338>
31. Kruchinin AG, Turovskaya SN, Illarionova EE, Bigaeva AV. Molecular genetic modifications of κ -casein. *News of Institutes of Higher Education. Food Technology*. 2020;376(4):12–16. (In Russ.). <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.4.3>
32. Asledottir T, Le TT, Petrat-Melin B, Devold TG, Larsen LB, Vegarud GE. Identification of bioactive peptides and quantification of β -casomorphin-7 from bovine β -casein A1, A2 and I after *ex vivo* gastrointestinal digestion. *International Dairy Journal*. 2017;71:98–106. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2017.03.008>
33. Gilmanov KhKh, Semipyatnyi VK, Bigaeva AV, Vafin RR, Turovskaya SN. New determination method for the ratio of the relative proportions of κ -casein alleles in milk powder. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020;50(3):525–535. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-525-535>
34. Nielsen SD, Beverly RL, Qu Y, Dallas DC. Milk bioactive peptide database: A comprehensive database of milk protein-derived bioactive peptides and novel visualization. *Food Chemistry*. 2017;232:673–682. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.056>
35. Nebbia S, Lamberti C, Lo Bianco G, Cirrincione S, Laroute V, Coccagn-Bousquet M, *et al.* Antimicrobial potential of food lactic acid bacteria: Bioactive peptide decrypting from caseins and bacteriocin production. *Microorganisms*. 2021;9(1). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010065>
36. Nielsen SD, Beverly RL, Underwood MA, Dallas DC. Differences and similarities in the peptide profile of preterm and term mother's milk, and preterm and term infant gastric samples. *Nutrients*. 2020;12(9). <https://doi.org/10.3390/nu12092825>
37. Pa'ee KF, Razali N, Sarbini SR, Ramonaran Nair SN, Yong Tau Len K, Abd-Talib N. The production of collagen type I hydrolyzate derived from tilapia (*Oreochromis sp.*) skin using thermoase PC10F and its *in silico* analysis. *Food Biotechnology*. 2021;35(1):1–21. <https://doi.org/10.1080/08905436.2020.1869040>
38. Minkiewicz P, Iwaniak A, Darewicz M. BIOPEP-UWM database of bioactive peptides: Current opportunities. *International Journal of Molecular Sciences*. 2019;20(23). <https://doi.org/10.3390/ijms20235978>
39. Camacho C, Coulouris G, Avagyan V, Ma N, Papadopoulos J, Bealer K, *et al.* BLAST+: architecture and applications. *BMC Bioinformatics*. 2009;10. <https://doi.org/10.1186/1471-2105-10-421>
40. González-Pech RA, Stephens TG, Chan CX. Commonly misunderstood parameters of NCBI BLAST and important considerations for users. *Bioinformatics*. 2019;35(15):2697–2698. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty1018>
41. Wang Z, Wang G. APD: The antimicrobial peptide database. *Nucleic Acids Research*. 2004;32:D590–D592.

42. Li Q, Zhang C, Chen H, Xue J, Guo X, Liang M, et al. BioPepDB: an integrated data platform for food-derived bioactive peptides. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 2018;69(8):963–968. <https://doi.org/10.1080/09637486.2018.1446916>
43. Iwaniak A, Minkiewicz P, Pliszka M, Mogut D, Darewicz M. Characteristics of biopeptides released in silico from collagens using quantitative parameters. *Foods*. 2020;9(7). <https://doi.org/10.3390/foods9070965>
44. Kartal C, Türköz BK, Otles S. Prediction, identification and evaluation of bioactive peptides from tomato seed proteins using in silico approach. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2020;14(4):1865–1883. <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00434-z>
45. Kusumah J, Real Hernandez LM, de Mejia EG. Antioxidant potential of mung bean (*Vigna radiata*) albumin peptides produced by enzymatic hydrolysis analyzed by biochemical and in silico methods. *Foods*. 2020;9(9). <https://doi.org/10.3390/foods9091241>
46. Baghban R, Ghasemali S, Farajnia S, Hoseinpoor R, Andarzi S, Zakariazadeh M, et al. Design and in silico evaluation of a novel cyclic disulfide-rich anti-VEGF peptide as a potential antiangiogenic drug. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*. 2021;27(4):2245–2256. <https://doi.org/10.1007/s10989-021-10250-8>
47. Gu Y, Li X, Liu H, Li Q, Xiao R, Dudu OE, et al. The impact of multiple-species starters on the peptide profiles of yoghurts. *International Dairy Journal*. 2020;106. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104684>
48. Tu M, Liu H, Zhang R, Chen H, Fan F, Shi P, et al. Bioactive hydrolysates from casein: generation, identification, and in silico toxicity and allergenicity prediction of peptides. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018;98(9):3416–3426. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8854>
49. Nutton S, Schuh S, Dutter T, Heine RG, Kuslys M. Design, quality, safety and efficacy of extensively hydrolyzed formula for management of cow's milk protein allergy: What are the challenges? *Advances in Food and Nutrition Research*. 2020;93:147–204. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.04.004>
50. Gromov DA, Borisova AV, Bakharev VV. Food allergens and methods for producing hypoallergenic foods. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(2):232–247. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-232-247>
51. Loh W, Tang MLK. The epidemiology of food allergy in the global context. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018;15(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph15092043>
52. Flom JD, Sicherer SH. Epidemiology of cow's milk allergy. *Nutrients*. 2019;11(5). <https://doi.org/10.3390/nu11051051>
53. Sharma N, Patiyl S, Dhall A, Pande A, Arora C, Raghava GPS. AlgPred 2.0: An improved method for predicting allergenic proteins and mapping of IgE epitopes. *Briefings in Bioinformatics*. 2021;22(4). <https://doi.org/10.1093/bib/bbaa294>
54. Vens C, Rosso MN, Danchin EG. Identifying discriminative classification-based motifs in biological sequences. *Bioinformatics*. 2011;27(9):1231–1238. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr110>
55. Kharitonov VD, Agarkova EYu, Kruchinin AG, Ryazantseva KA, Korolyeva OV, Fedorova TV, et al. Impact of new fermented dairy product with whey protein hydrolysate on tolerance and dynamics of atopic dermatitis manifestation in children suffering from cow's milk protein allergy. *Problems of Nutrition*. 2015;84(5):56–63. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2015-00048>
56. Gupta S, Kapoor P, Chaudhary K, Gautam A, Kumar R, Raghava GPS. In silico approach for predicting toxicity of peptides and proteins. *PloS ONE*. 2013;8(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073957>
57. Chaudhary K, Kumar R, Singh S, Tuknait A, Gautam A, Mathur D, et al. A web server and mobile app for computing hemolytic potency of peptides. *Scientific Reports*. 2016;6. <https://doi.org/10.1038/srep22843>
58. Parthasarathi R, Dhawan A. In silico approaches for predictive toxicology. In: Dhawan A, Kwon S, editors. *In vitro toxicology*. Academic Press; 2018. pp. 91–109. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804667-8.00005-5>
59. Yap PG, Gan CY. In vivo challenges of anti-diabetic peptide therapeutics: Gastrointestinal stability, toxicity and allergenicity. *Trends in Food Science and Technology*. 2020;105:161–175. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.09.005>
60. Guo H, Hao Y, Richel A, Everaert N, Chen Y, Liu M, et al. Antihypertensive effect of quinoa protein under simulated gastrointestinal digestion and peptide characterization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020;100(15):5569–5576. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10609>
61. Ji D, Udenigwe C, Agyei D. Antioxidant peptides encrypted in flaxseed proteome: An in silico assessment. *Food Science and Human Wellness*. 2019;8(3):306–314. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.08.002>
62. Lin K, Zhang L-W, Han X, Xin L, Meng Z-X, Gong P-M, et al. Yak milk casein as potential precursor of angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides based on in silico proteolysis. *Food Chemistry*. 2018;254:340–347. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.051>
63. Tu M, Qiao X, Wang C, Liu H, Cheng S, Xu Z, et al. In vitro and in silico analysis of dual-function peptides derived from casein hydrolysate. *Food Science and Human Wellness*. 2021;10(1):32–37. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2020.08.014>

64. Dagan-Wiener A, Di Pizio A, Nissim I, Bahia MS, Dubovski N, Margulis E, *et al.* BitterDB: taste ligands and receptors database in 2019. *Nucleic Acids Research*. 2019;47(D1):D1179–D1185. <https://doi.org/10.1093/nar/gky974>
65. Wang W, Zhang L, Wang Z, Wang X, Liu Y. Physicochemical and sensory variables of Maillard reaction products obtained from *Takifugu obscurus* muscle hydrolysates. *Food Chemistry*. 2019;290:40–46. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.065>
66. Stan GM, Constantinescu-Aruxandei D, Oancea F. In silico analysis of the formation of bioactive peptides from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) collagen. *Proceedings*. 2020;57(1). <https://doi.org/10.3390/proceedings2020057024>
67. Pooja K, Rani S, Prakash B. *In silico* approaches towards the exploration of rice bran proteins-derived angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptides. *International Journal of Food Properties*. 2017;20. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1368552>
68. Shi P, Fan F, Chen H, Xu Z, Cheng S, Lu W, *et al.* A bovine lactoferrin-derived peptide induced osteogenesis via regulation of osteoblast proliferation and differentiation. *Journal of Dairy Science*. 2020;103(5):3950–3960. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17425>
69. Tu M, Liu H, Zhang R, Chen H, Mao F, Cheng S, *et al.* Analysis and evaluation of the inhibitory mechanism of a novel angiotensin-I-converting enzyme inhibitory peptide derived from casein hydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018;66(16):4139–4144. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b00732>
70. Sayd T, Dufour C, Chambon C, Buffière C, Remond D, Santé-Lhoutellier V. Combined *in vivo* and *in silico* approaches for predicting the release of bioactive peptides from meat digestion. *Food Chemistry*. 2018;249:111–118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.013>

Исследование влияния вибрации на пористость и прочность гранул инстантированных напитков



А. М. Попов^{ORCID}, К. Б. Плотников*^{ORCID}, П. П. Иванов^{ORCID},
И. Б. Плотников^{ORCID}, Д. М. Попов^{ORCID}, И. О. Плотникова^{ORCID}

Кемеровский государственный университет^{ORCID}, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию: 15.09.2021

Поступила после рецензирования: 24.01.2022

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: k.b.plotnikov.rf@gmail.com

© А. М. Попов, К. Б. Плотников*, П. П. Иванов,
И. Б. Плотников, Д. М. Попов, И. О. Плотникова, 2022



Аннотация.

На рынке в широком ассортименте представлены инстантированные продукты питания, произведенные разными способами и методами. Поэтому повышение эффективности производства и снижение брака данного вида продукции является актуальной задачей в условиях высокой конкуренции. Целью работы является совершенствование процесса структурообразования гранулированных инстантированных продуктов.

В качестве объекта исследования выступает барабанный виброагрегат, в котором реализован метод управляемых сегрегированных потоков при получении гранулированного инстантированного продукта. Проводились исследования гранулометрического состава, пористости и прочности получаемых гранул на истирание и раздавливание, в зависимости от значений варьируемых параметров установки, с применением вибрационного классификатора в виде вертикальной пластины.

Новая конструкция барабанного виброагрегата с установленным классификатором позволила стабилизировать гранулометрический состав готового продукта за счет вибрационного измельчения гранул большего размера, чем определено требованиями. Установлено влияние частоты и амплитуды колебаний на пористость и прочность получаемых гранул. Скорость вращения ленточной мешалки оказывала большее влияние на процесс агломерирования, чем амплитуда и частота колебаний вибровозбудителя. Выявлена зависимость пористости и прочности получаемых гранул от варьируемых параметров работы классификатора. Согласно ей можно устанавливать необходимые режимные параметры в зависимости от требуемых свойств готовой продукции. Обработка экспериментальных данных позволила установить рациональные параметры процесса при производстве инстантированного гранулированного напитка в барабанном виброагрегате: частота и амплитуда колебаний вибровозбудителя 1 мм и 40 Гц соответственно; частота вращения мешалки 7 об/мин; угол наклона барабана 3°; амплитуда и частота виброклассификатора 2 мм и 100 Гц соответственно.

В результате проведенных исследований были установлены рациональные параметры процесса, а внедрение вибрационного классификатора повысило плотность распределения гранулометрического состава получаемого продукта.

Ключевые слова. Инстантированный напиток, гранулы, гранулирование, структурообразование, пористость, прочность, истирание, виброкатыватель, классификатор

Для цитирования: Исследование влияния вибрации на пористость и прочность гранул инстантированных напитков / А. М. Попов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 58–69. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-58-69>

Effect of Vibration on the Porosity and Strength of Instant Drink Granules

Anatoliy M. Popov^{ID}, Konstantin B. Plotnikov^{*ID}, Pavel P. Ivanov^{ID},
Igor B. Plotnikov^{ID}, Dmitry M. Popov^{ID}, Irina O. Plotnikova^{ID}

Kemerovo State University^{ROR}, Kemerovo, Russia

Received: 15.09.2021

Revised: 24.01.2022

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: k.b.plotnikov.rf@gmail.com

© A.M. Popov, K.B. Plotnikov, P.P. Ivanov,
I.B. Plotnikov, D.M. Popov, I.O. Plotnikova, 2022



Abstract.

Instant food products are extremely popular, and food industry knows numerous ways and methods of their production. To remain competitive, an instant drink production process should be efficient and flawless. The research objective was to improve the physical profile of granular instant products.

The study featured a vibrating drum unit controlled segregated flows. The granulometric composition, porosity, and strength of the obtained granules were tested in a vertical vibration classifier.

The new design of the drum with an installed classifier was able to grind larger granules. The research revealed the effect of frequency and amplitude on the porosity and strength of the granules. The rotation rate of the belt mixer had a greater effect on the agglomeration process than the amplitude and frequency of the vibrations in the generator. The porosity and strength of the granules depended on the parameters of the classifier. Therefore, the new drum design made it possible to control the operating parameters depending on the required properties of the finished product. The rational parameters were obtained as follows: frequency and amplitude of the vibration generator – 1 mm and 40 Hz, respectively; rotation speed – 7 rpm; drum tilt angle – 3°; amplitude and frequency of the classifier – 2 mm and 100 Hz, respectively.

The study revealed the optimal technological parameters for a new instant drink. The new vibration classifier increased the distribution density of the granular composition.

Keywords. Instant drink, granules, granulation, structure formation, porosity, strength, abrasion, vibro-roller, classifier

For citation: Popov AM, Plotnikov KB, Ivanov PP, Plotnikov IB, Popov DM, Plotnikova IO. Effect of Vibration on the Porosity and Strength of Instant Drink Granules. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):58–69. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-58-69>

Введение

Инстантированные продукты питания все больше внедряются в повседневный рацион населения России и зарубежных стран. Это связано с удобством их использования в быту, т. к. они обладают длительным сроком хранения, а время их приготовления составляет от нескольких секунд (детские гранулированные чаи фирмы Bebevita) до нескольких минут (быстрорастворимые кисели фирмы ООО НПО «Здоровое питание») в зависимости от состава инстантированного продукта. Инстантированные напитки внедряются и в систему общественного питания [1, 2].

Большинство инстантированных продуктов представлены в виде хлопьев или гранул. Это обусловлено тем, что гранулированный продукт быстрее растворяется, а гранулы уже содержат в себе равное количество рецептурных компонентов [2, 3]. При транспортировке порошкообразных продуктов,

не подвергшихся грануляции, происходит процесс сегрегации, что приводит к тому, что частицы большего размера занимают верхнее положение, а частицы меньшего размера перемещаются в нижнее. Это приводит к расслоению продукта по крупности и плотности, а приготовление напитка, содержащего заданные пропорции рецептурных компонентов, становится невозможным [4].

Существует большое разнообразие способов получения гранулированных продуктов, имеющих свои достоинства и недостатки. Необходимо учитывать технико-экономические показатели выбранного способа и возможность получения готового продукта с заданными свойствами.

Согласно исследованиям компании Lighthouse энергопотребление в российской промышленности превышает уровень зарубежных аналогов на 40–220 %, а при сохранении нынешних темпов развития снизить энергоёмкость ВВП на 60 % удастся

лишь к 2043 г. Это является неприемлемым для создания условий конкурентоспособного производства. Поэтому актуальной задачей является совершенствование аппаратного оформления процессов производства готовой продукции. Одним из способов повышения эффективности работы является метод агрегатирования, т. е. совмещение нескольких процессов в одном агрегате. Это должно снизить энергоемкость, металлоемкость и площадь, занимаемую оборудованием [5, 6].

Инстантированные гранулированные продукты производят из порошкообразного сырья с последующим структурообразованием. Порошковая система отличается тем, что в объеме порошка имеется несколько состояний материала. Порошки состоят из твердых частиц. Поры, существующие между частицами, заполнены газом или смесью газа и жидкости. По этой причине фундаментальные молекулярные свойства материала, из которого состоит порошок, могут иметь небольшое влияние на объемные механические свойства порошка. Физические свойства частиц в порошке, такие как гранулометрический состав и форма, оказывают значительное влияние на поведение порошка в массе. Таким образом, способность охарактеризовать свойства частиц в порошке важна для характеристики порошка как системы [7, 8].

В процессе гранулирования происходит сцепление частиц материалов за счет сил различной природы. Притяжение между частицами измеряется как адгезия частиц или сила, удерживающая две частицы вместе и предотвращающая разделение. Это функция от поверхностной энергии частиц включает как Ван-дер-Ваальсовы уравнения, так и электростатическое притяжение между частицами [9–11]. Когда речь идет об адгезии между двумя частицами, то факторами, определяющими количество взаимодействий, являются размер и форма частицы, а также степень сжатия. Качество взаимодействий зависит от химического состава поверхности и поверхностной свободной энергии частиц. Размер частиц имеет значение из-за силы тяжести. Для частиц большего размера преобладают гравитационные силы, но для частиц меньшего размера адгезия и трение играют большую роль [12]. Это причина того, что мелкие частицы имеют тенденцию к агломерации друг с другом, особенно когда размер отдельных частиц становится меньше нескольких мкм. В этом масштабе силы притяжения между частицами становятся сопоставимыми с гравитационными силами, разрывающими их [13].

Капиллярные силы из-за влаги, присутствующей на поверхности частиц, могут увеличить притяжение частиц. Силы трения влияют на поток частиц, прилегающих друг к другу, и зависят от коэффициента трения поверхности частицы и нормальной силы в точке контакта. Нормальная

сила в контакте контролируется осевой нагрузкой на сборку насыпного порошка и конфигурацией составляющих частиц. Каждая точка контакта между двумя частицами является точкой для присутствия адгезионных, капиллярных и сил трения. Таким образом, координатное число частицы, а также нагрузка в каждой точке контакта имеют влияние на объемное поведение порошка [14].

Межчастичная адгезия, фракционный состав, трение частиц и капиллярные силы вносят вклад в сложность определения характеристик сыпучего порошка. Обычным показателем для измерения этого объемного поведения является когезия. Вибрация распространена в процессе обработки твердых частиц. Она используется для таких применений, как транспортирование, просеивание, измельчение, уплотнение, смешивание и гранулирование [15]. По этим причинам динамическое поведение материалов при механической вибрации имеет большое значение для обработки сыпучих сред. Однако нет адекватного понимания поведения слоя частиц, подвергающихся вибрации. Необходимо глубокое изучение влияния режимных параметров на процесс классификации уже сформированных гранул.

Целью работы является совершенствование процесса структурообразования гранулированных инстантированных продуктов.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследований выступил барабанный виброагрегат (рис. 1), в котором последовательно проводятся процессы структурообразования и сушки полученных гранул теплоносителем [16]. Барабанный виброагрегат работает следующим образом. Исходная смесь сыпучих компонентов поступает в барабанный виброгранулятор, где на нее накладывается вибрационное поле от вибровозбудителя. В результате смесь переводится в виброожиданное состояние и на ее поверхность подается связующий раствор. Перемещение гранул к выходному патрубку происходит за счет вибрационного воздействия. Не сформированные гранулы перемещаются в обратном направлении и поднимаются в верхнюю часть машины ленточной мешалкой. Сформированные гранулы в барабанный виброгранулятор поступают по эластичному рукаву 3 в барабанный виброокатыватель-сушилку 2, куда по тангенциально расположенному относительно корпуса патрубку подается теплоноситель, получаемый спиралеобразную траекторию. Высушенный продукт выгружается из барабанного виброокатывателя-сушилки под действием вибрационного поля.

Данная конструкция относится к машинам непрерывного действия. При анализе работы был выявлен следующий недостаток конструкции: при длительной работе изменяется гранулометрический

состав готового продукта в сторону увеличения количества гранул размером, превышающим 3 мм. Мелкая фракция возвращается ленточной мешалкой в зону распыла связующего раствора, а для гранул большего размера нет никаких препятствий для перемещения из барабанного виброгранулятора в виброокатыватель-сушилку. В этой связи была предложена модернизация данной конструкции, заключающаяся в установке вибрационного классификатора, который представляет из себя U-образную пластину, совершающую колебательные движения с заданной частотой и амплитудой.

Иллюстрация процесса структурообразования гранул в барабанном виброгрануляторе, а также их классификация представлена на рисунке 2 в виде упрощенного сегмента установки. Смесь сухих компонентов (сахарная пудра, картофельный крахмал) поступает через загрузочный патрубок и попадает в зону распыла связующего раствора (концентрированный экстракт ягод). Исходная сыпучая смесь переводится в виброожиженное состояние и перемещается вдоль машины в сторону разгрузочного патрубка за счет наклона корпуса барабанного виброгранулятора относительно горизонтальной плоскости на угол 3° . В зоне распыла происходит соударение частиц как между собой, так и со связующим раствором, что приводит к образованию гранул. Поскольку получаемые гранулы имеют разный размер и массу, то происходит процесс сегрегации потока за счет вибрационного поля, накладываемого на гранулируемый продукт (зона 2). Затем происходит захват гранул лопатками мешалки, погруженными в продукт на глубину h в зоне 3, и

их поднятие вдоль внутренней поверхности корпуса с последующим опрокидыванием. Перемешанный продукт в зоне 4 после опрокидывания гранул в зоне 3 приводит к их росту и постепенной сегрегации потока в зоне 5. Данный процесс повторяется циклично на протяжении всего времени прохождения продукта вдоль машины к разгрузочному патрубку. Мелкая фракция удаляется ленточной мешалкой в зону 1 распыла связующего раствора, а гранулы требуемого и большего размера поступают в зону 6 классификации гранул. Гранулы в процессе обтекания U-образной пластины подвергаются классификации. Мелкая фракция (зона 7) возвращается мешалкой, а гранулы требуемого размера перемещаются к разгрузочному патрубку и поступают в барабанный виброокатыватель-сушилку для дальнейшего удаления влаги.

Проводилось исследование гранулометрического состава, пористости и прочности получаемых гранул на истирание и раздавливание.

Гранулометрический состав определялся ситовым методом [17]. Пористость структуры гранул равна отношению свободного объема V_c , не заполненного элементарными структурами частицами, к общему объему V тела [18, 19]:

$$\dot{I} = \frac{V_c}{V} = 1 - \frac{V_T}{V} = 1 - T \quad (1)$$

где V_T – объем твердого скелета или матрицы, m^3 ; T – доля объема тела, занятая компактной или твердой частью, %.

С целью определения пористости получаемых гранул до и после изменения конструкции барабанного

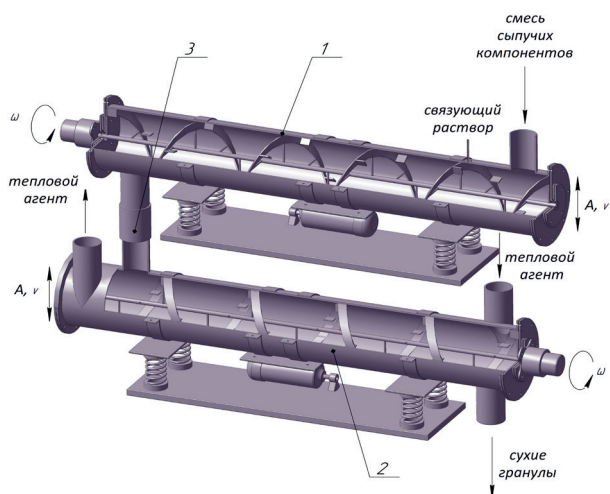


Рисунок 1. Барабанный виброагрегат:
1 – барабанный виброгранулятор; 2 – барабанный виброокатыватель-сушиллка; 3 – эластичный рукав

Figure 1. Drum vibrating unit:
1 – drum vibrogranulator; 2 – drum vibro-dryer; 3 – elastic sleeve

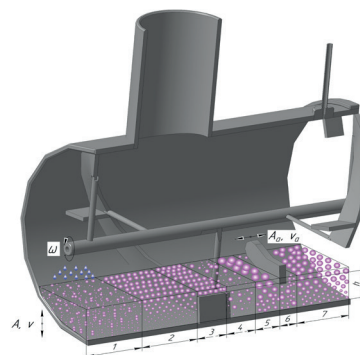


Рисунок 2. Схема сегмента барабанного виброгранулятора:

1 – зона распыла связующего раствора; 2 – зона сегрегации потока; 3 – зона захвата и подъема несформированных гранул; 4 – зона активного перемещения гранул; 5 – зона сегрегации потока; 6 – зона классификации; 7 – зона сегрегации потока

Figure 2. Drum vibro-granulator: 1 – binder solution spray zone; 2 – flow segregation zone; 3 – capture and lifting of unformed granules; 4 – active movement of granules; 5 – flow segregation zone; 6 – classification zone; 7 – flow segregation zone

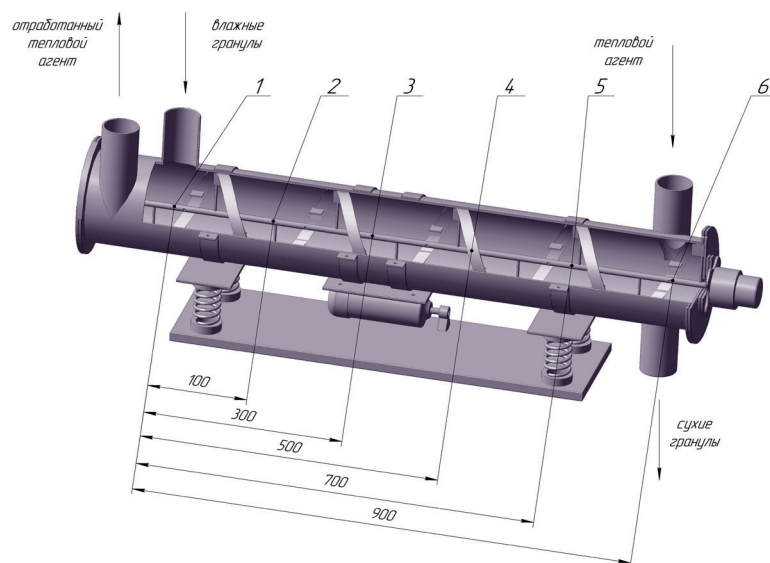


Рисунок 3. Барабанный виброокатыватель-сушилка:
1 – зона подачи продукта; 2, 3, 4, 5 – зоны отбора проб; 6 – зона выгрузки готового продукта

Figure 3. Drum vibro-dryer: 1 – product supply; 2, 3, 4, 5 – sampling; 6 – unloading

виброгранулятора использовался стандартный объемно-весовой метод [20].

Истирание – это процесс выкрашивания из-за повреждений материала за счет сил трения и кинетического удара. Истиранию подвергаются гранулы в процессе сушки, классификации и транспортировки до потребителя. В результате истирания образуется мелкодисперсная фракция, которая увеличивает пылеунос в процессе конвективной сушки, снижает выход готовой продукции, увеличивает энергозатраты на повторную обработку продукта и снижает во время транспортировки конкурентоспособность готовой продукции на рынке.

В процессе сушки дисперсного материала сначала происходит миграция влаги с поверхности гранулы к тепловому агенту, а затем диффундирование влаги из центра к периферии гранулы. В первый период процесса сушки истирание незначительно, т. к. еще сильны жидкие мостики между сухими компонентами дисперсионной среды гранулы. Следовательно, силы Ван-дер-Ваальса превышают силы трения между гранулами. До образования твердых мостиков и дальнейшей кристаллизации гранулы имеют эластичную структуру, которая менее склонна к истиранию [21, 22].

Для определения истирания полученных гранул в процессе сушки в барабанном виброагрегате проводились отборы проб по длине аппарата. На рисунке 3 изображена схема отбора проб. Отбор проб производился после выхода экспериментальной установки на рабочий режим. Отбиралось по 3 пробы на каждом участке через равные промежутки

времени. Отбор проб производился через патрубки, установленные в нижней части аппарата. После ситового анализа проб мелкодисперсная фракция, которая образуется в результате истирания, подвергалась микроскопическому исследованию [23–25].

Экспериментальная часть исследования проводилась в производственном цехе ООО НПО «Здоровое питание» (Кемерово). Для определения средних значений эксперимент повторяли трижды.

Для определения истирания готовых высушенных гранул проводилась серия экспериментов на лабораторной установке, представленной на рисунке 4. По внутренней поверхности барабана установлено 12 лопастей прямоугольного сечения, расположенных под углом 20° к касательной барабана. Лопасты при вращении барабана захватывают гранулы и перемещают их по периферии в верхнюю часть, откуда они сыплются. Частота вращения барабана составляет 20 об/мин, время проведения измерения 5 мин.

Методика проведения испытаний заключается в следующем: производится отбор проб гранул, высушенных и обеспыленных, а затем взвешивание на аналитических весах с точностью до 0,001 г. После гранулы помещают в барабан и закрывают крышку. По истечении времени проведения исследования установку отключают, вынимают образцы и обеспылевают с последующим взвешиванием. Разница в массе до и после измерений показывает значение истираемости гранул.

Для определения степени влияния режимных параметров процесса на конечную статическую

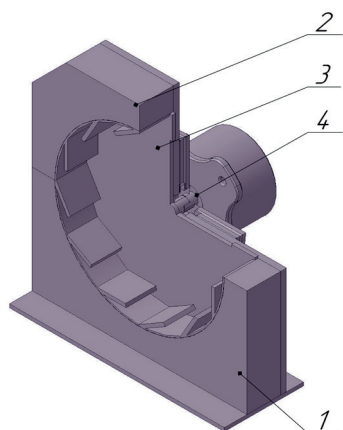


Рисунок 4. Общий вид экспериментальной установки для определения истирания полученных гранул
1 – корпус; 2 – крышка; 3 – барабан; 4 – привод

Figure 4. Experimental unit for attrition tests: 1 – body; 2 – cover; 3 – drum; 4 – drive

прочность проводилось их разрушение гранул на установке КП-3. Для исключения разницы готовых гранул по влажности их помещали в эксикатор на 24 ч. До и после высушивания в эксикаторе готовые гранулы подвергались взвешиванию на аналитических весах с ценой деления 0,001 мг. После окончательного высушивания гранулы помещались в установку КП-3, где подвергались статическому разрушению. Момент разрушения фиксировался визуально. Для

определения средней прочности гранул проводилось по 20 испытаний. Затем определялось среднее значение в зависимости от размера гранул.

В таблице 1 представлены регулируемые параметры проведения процесса гранулирования в барабанном виброагрегате.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 5 представлена зависимость среднемедианного размера гранул по длине барабанного виброгранулятора при разном времени непрерывной работы. В результате продолжительного времени работы происходит изменение среднемедианного размера получаемых гранул в сторону их увеличения. Это связано с принципом работы установки: мелкие частицы повторно возвращаются в зону грануляции, а частицы большего размера перемещаются в барабанный виброокатыватель-сушилку 2 (рис. 1). Процесс структурообразования гранул становится не стабильным. Еще одним недостатком увеличения размера гранул и дисперсного состава является сложность регулирования процесса сушки в барабанном виброокатывателе-сушилке, поскольку подбор рациональных параметров процесса осуществляется для частиц со среднемедианным размером от 1 до 3 мм. Процесс сушки гранул большего размера затруднен в силу того, что для данного дисперсного состава увеличивается время на проведение второго периода сушки.

Анализ данных позволил сделать вывод о том, что увеличение частоты и амплитуды колебаний

Таблица 1. Условия проведения эксперимента

Table 1. Experimental conditions

Фактор	Обозначение факторов	Уровни		Центр эксперимента	Шаг варьирования
		Нижний	Верхний		
Амплитуда колебаний (A), мм	X_1	0,50	3,00	1,75	0,50
Частота колебаний (ν), Гц	X_2	20	50	35	10
Частота вращения мешалки (n), об/мин	X_3	3	12	7,5	1,0
Угол наклона БВГ (α), °	X_4	2,5	6	4,25	0,50
Плотность связующего раствора ($\rho_{\text{ж}}$), кг/м ³	X_5	1014	1118	1066	52
Вязкость связующего раствора ($\mu_{\text{ж}}$), Па·с	X_6	$1,03 \times 10^{-3}$	$2,91 \times 10^{-3}$	$1,97 \times 10^{-3}$	$0,94 \times 10^{-3}$
Поверхностное натяжение связующего раствора ($\sigma_{\text{ж}}$), Н/м	X_7	45,70	59,60	52,65	6,95
Скорость сушильного агента (U), м/с	X_8	1	3	2	1
Температура сушильного агента (t), °C	X_9	45	65	55	10
Амплитуда колебаний U-образной пластины (A_d), мм	X_{10}	1	3	2	0,5
Частота колебаний U-образной пластины (ν_d), Гц	X_{11}	20	120	70	10

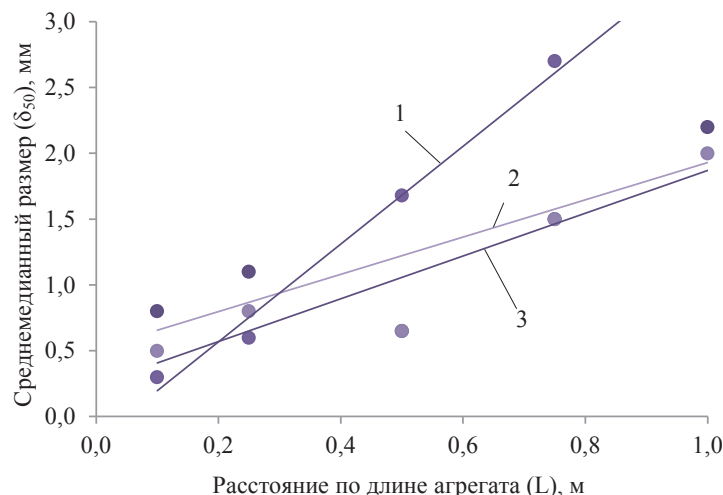


Рисунок 5. Зависимость среднемедианного размера частиц от расстояния по длине агрегата по времени:
1 – 20 мин; 2 – 60 мин; 3 – 60 мин с установленным вибрационным классификатором

Figure 5. Effect of the length of the unit on the average median particle size:
1 – 20 min; 2 – 60 min; 3 – 60 min (with a vibration classifier installed)

барабанного виброгранулятора оказывает меньшее воздействие на процесс агломерирования частиц, чем частота вращения мешалки. Это связано с тем, что при увеличении частоты вращения последней увеличивается время нахождения гранулируемого продукта в машине. При увеличении частоты вращения мешалки время нахождения дисперсной системы в зоне грануляции увеличивается, хотя при соударении частиц происходит частичное разрушение образовавшихся агломератов. Однако данного влияния недостаточно для стабилизации дисперсного состава получаемого гранулята. Частота и амплитуда колебаний корпуса барабанного виброгранулятора изменялись в диапазоне, указанном в таблице 1, в пределах, позволяющих создать виброожиженный слой продукта, который подвергался сегрегации. Поэтому данных значений величин было недостаточно для снижения размеров гранул и разрушения образовавшихся агломератов размерами, превышающих требуемые. Поэтому режимными параметрами устранить данный недостаток не представляется возможным. Линия 3 (рис. 5) показывает среднемедианный размер гранул при установке в агрегат вибрационного классификатора. Пластина входит в контакт с гранулами, имеющими наибольшие размеры. Наложение вибрационного поля на продукт приводит к разрушению гранул большего размера и их дальнейшему перераспределению. Образовавшиеся мелкие частицы займут крайнее нижнее положение в управляемом сегрегированном потоке откуда они будут захвачены мешалкой и транспортированы в зону грануляции, а гранулят с большими размерами частиц, занимая верхнее положение, переместится через эластичный рукав

в барабанный виброокатыватель-сушилку. Согласно графику средний размер частиц становится более стабильным при использовании вибрирующей пластины. При внедрении данного технического решения были проведены серии экспериментов на время стабильной работы в течение 180 мин. Полученные данные имели такие же близкие значения, как и при 60 мин (линия 3, рис. 5).

Из гистограммы плотности распределения частиц гранулята по истечении 60 мин работы барабанного виброгранулятора (рис. 6) видно, что до внедрения вибрационного классификатора наблюдалось изменение гранулометрического состава в сторону его увеличения. При этом не наблюдалось наличие мелкой фракции в готовой продукции. Это связано с тем, что частицы большего размера беспрепятственно перемещались в зону разгрузки барабанного виброгранулятора, минуя спиральную мешалку, в отличие от мелких частиц, которые транспортировались в зону грануляции и дополнительно в процессе окатывания подвергались агломерированию и занятию верхнего положения в управляемом сегрегированном потоке.

Обоснование рационального размера частиц, при котором наблюдалась наибольшая пористость и поглощающая способность, изложено в работе [5] и находится в пределах от 1 до 3 мм. Из данных, представленных на рисунке 6, видно, что при наложении вибрации на частицы большего размера в пределах, указанных в таблице 1, наблюдается их разрушение. Доля мелкой фракции в готовой продукции сравнима с прототипом агрегата. Размер полученного гранулята лежит в зоне необходимых размеров частиц. Пробы для исследований брались

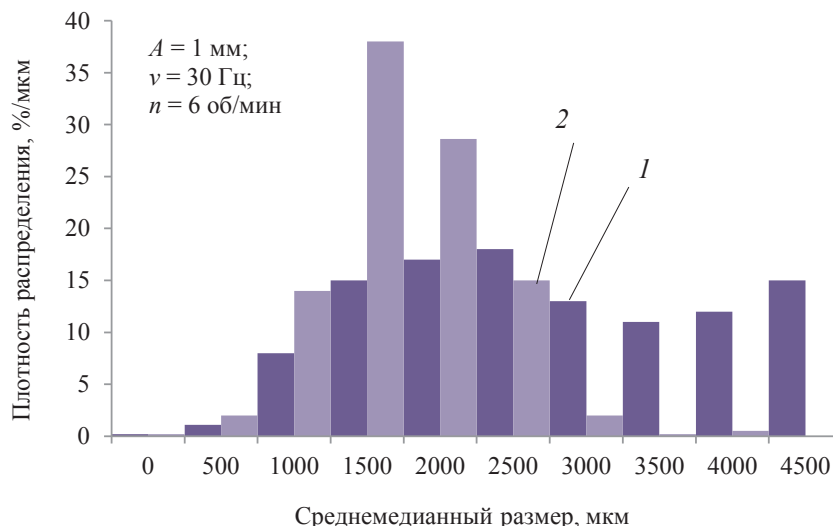


Рисунок 6. Гистограмма распределения плотности получаемых гранул
1 – без вибрационного классификатора; 2 – с классификатором

Figure 6. Density distribution: 1 – without a vibration classifier; 2 – with a classifier

после выхода установки на рабочий режим и по истечении 60 мин работы.

Обработку результатов экспериментов проводили в среде статистического пакета STATISTICA 12.0. Получена экспериментально-статистическая модель, описывающая процесс агломерирования в агрегате:

$$\delta_{50} = 0,148 + 0,83 \cdot X_1 + 0,012 \cdot X_2 + 0,05 \cdot X_3 - 0,1 \cdot X_4 + 145 \cdot X_6 \cdot X_1 - 0,1 \cdot X_{10} - 4 \times 10^{-3} \cdot X_{11} \quad (2)$$

Анализ полученного выражения дает наглядное представление о влиянии каждого фактора на среднемедианный размер полученного гранулированного инстантированного продукта: увеличение частоты и амплитуды колебаний приводит к снижению размера полученного продукта. При анализе влияния свойств связующего раствора на размеры получаемых гранул была определена прямая зависимость. Согласно ей увеличение концентрации используемого экстракта приводило к увеличению получаемых гранул.

Значения коэффициентов пористости, полученные в результате исследования образцов гранулированного инстантированного продукта, представлены на рисунке 7. Увеличение частоты и амплитуды колебаний вибрационного классификатора снижает пористость конечного продукта. Это связано с более плотной укладкой частиц в грануле. Величина пористости инстантированных напитков влияет на их растворимость в воде при приготовлении готового продукта. Не стоит забывать, что увеличение пор гранулированных продуктов приводит к снижению

их прочности. Поэтому поиск рациональных параметров сводится к удовлетворению требований, предъявляемых к продукции.

На рисунке 8 представлены результаты исследований истирания гранул при различных значениях частоты и амплитуды колебаний вибрационного классификатора. Величина истирания показывает склонность продукта к образованию мелких частиц в процессе транспортировки. Поэтому для минимизации образования пылевидной фракции следует проводить процесс классификации при максимально возможных значениях амплитуды и частоты колебаний вибрационной пластины с учетом их влияния на прочность и пористость получаемых гранул. Для определения процесса истирания по длине барабанного виброокатывателя-сушилки проводилась серия экспериментов с выходом установки на рабочий режим с последующей остановкой и анализом образцов по длине аппарата. Результаты этих исследований представлены на рисунке 9. Из графика видно, что с увеличением амплитуды колебаний происходит активный рост количества мелкодисперсной фракции. Видно, что по длине аппарата резкий рост количества мелких частиц с размерами менее 0,5 мм возрастает, начиная с участка, равного 500–600 мм по длине.

Резкое увеличение мелкодисперсной фракции связано с характером проведения процесса сушки. На участке 500–600 мм происходит окончательное удаление свободной не связанной влаги с поверхности частиц. Следовательно, структура гранулы становится более плотной, что приводит

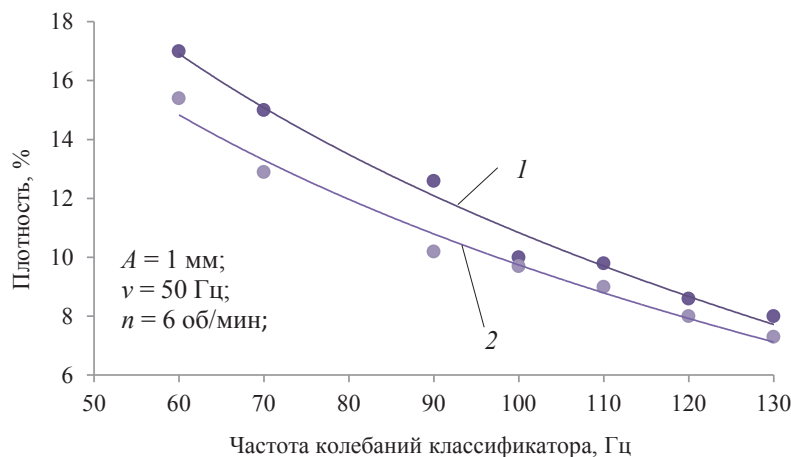


Рисунок 7. Зависимость пористости от частоты колебаний: (1) $A_a = 2$ мм; (2) $A_a = 3$ мм

Figure 7. Effect of frequency on porosity: (1) $A_a = 2$ mm; (2) $A_a = 3$ mm

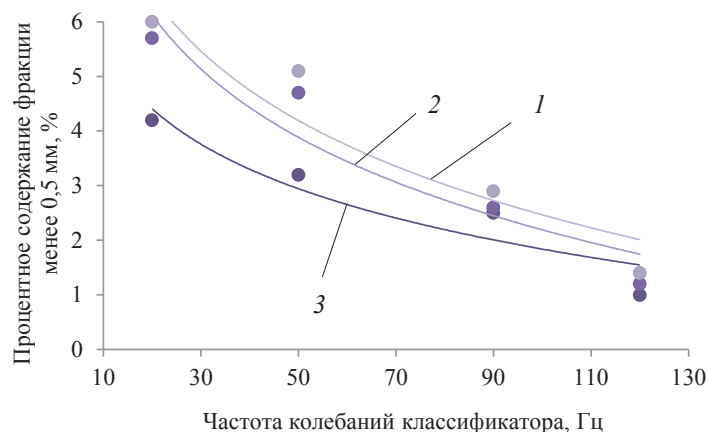


Рисунок 8. Зависимость процентного содержания мелкодисперсной фракции от частоты колебаний: (1) $A_a = 3$ мм; (2) $A_a = 2$ мм; (3) $A_a = 1$ мм

Figure 8. Effect of frequency on the percentage of finely dispersed fraction: (1) $A_a = 3$ mm; (2) $A_a = 2$ mm; (3) $A_a = 1$ mm

к интенсификации истирания при соударении частиц дисперсного материала.

Образование мелкодисперсной фракции в высушиваемом продукте на участке от загрузки гранулята до 500 мм по длине установки имело схожую картину как для агрегата с установленным вибрационным классификатором, так и без него. Согласно данным (рис. 8) и благодаря дополнительному вибрационному воздействию для классификации гранул их прочность на истирание увеличивается. Во время второго периода сушки наблюдалось повышенное содержание мелкой фракции за счет истирания в установке без вибрационного классификатора. Рост числа мелких частиц (менее 0,5 мм) снижает выход готового продукта, увеличивает пылеунос и удельные энергозатраты на проведение процесса.

На рисунке 10 представлена зависимость прочности получаемых гранул в зависимости от частоты и амплитуды колебаний. Из графика видно, что с повышением как частоты, так и амплитуды колебаний происходит рост прочности получаемых гранул. Анализируя литературные данные аналогичных исследований, можно сделать вывод о том, что повышение прочности связано с более плотной укладкой частиц в агломерате.

Анализ данных, полученных при проведении экспериментальной части, свидетельствует о том, что процессы, протекающие в агрегатах данного типа, являются сложными. Увеличение частоты и амплитуды колебаний вибрационного классификатора позволяет менять не только дисперсный состав полученных гранул, но и их пористость и прочность как на истирание, так и на раздавливание. Данные показатели оказывают влияние на свойства готовой

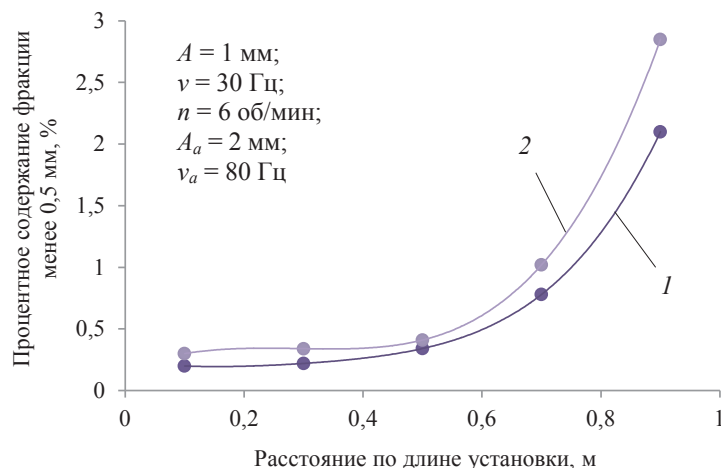


Рисунок 9. Зависимость процентного содержания мелкодисперсной фракции от участка по длине барабанного виброокатывателя-сушиллки: 1 – с классификатором; 2 – без классификатора

Figure 9. Effect of the length of the drum vibro-dryer on the percentage of finely dispersed fraction:
1 – with a classifier; 2 – without a classifier

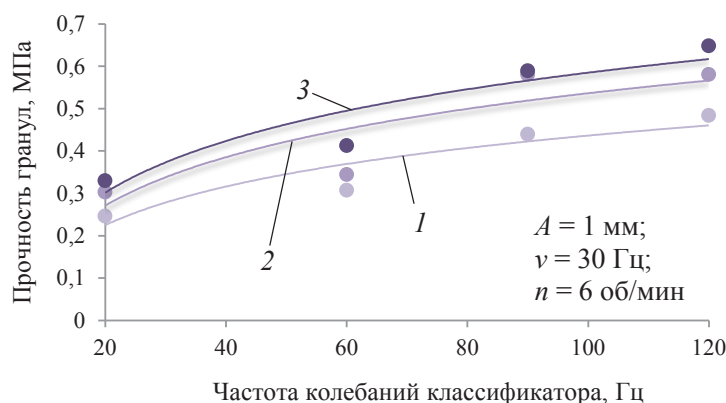


Рисунок 10. Зависимость прочности получаемых гранул от частоты колебаний вибрационного классификатора:

(1) $A = 3 \text{ мм}$; (2) $A = 2 \text{ мм}$; (3) $A = 3 \text{ мм}$

Figure 10. Effect of frequency of the vibration classifier on the strength of the obtained granules:

(1) $A = 3 \text{ мм}$; (2) $A = 2 \text{ мм}$; (3) $A = 3 \text{ мм}$

продукции. Поэтому для поиска рациональных параметров процесса структурообразования в новой конструкции использовался пакет анализа в системе Microsoft Excel по методике Ньютона. При обработке экспериментальных данных были получены следующие значения: $A = 1 \text{ мм}$; $\nu = 40 \text{ Гц}$; $n = 7 \text{ об/мин}$; $\alpha = 3^\circ$; $A_a = 2 \text{ мм}$; $\nu_a = 100 \text{ Гц}$.

Выводы

В результате исследования было установлено, что плотность распределения гранулометрического состава получаемого продукта становится более стабильной при использовании виброклассификатора. Данная модернизация позволяет усовершенствовать технологическую линию за счет получения продукта более высокого качества, а определенные

рациональные значения проведения процесса структурообразования в разработанной установке повышают эффективность ее использования. Установлено, что прочность на раздавливание и истирание связаны с динамической нагрузкой, которую накладывали в виде вибрационного поля. Это позволяет повысить структурно-механические свойства готового продукта.

Критерии авторства

А. М. Попов – руководство работой в целом (20 %). К.Б. Плотников – планирование эксперимента (15 %). П. П. Иванов – разработка методики проведения эксперимента (20 %), И. Б. Плотников – обработка результатов эксперимента (20 %). Д. М. Попов – проведения

исследований (15 %). И. О. Плотникова –
проведения исследований (15 %).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта
интересов

Contribution

A.M. Popov supervised the research (20%).
K. B. Plotnikov designed the experiment (15%).

P.P. Ivanov developed the methodology (20%).
I.B. Plotnikov processed the results (20%). D.M. Popov
conducted the research (15%). I.O. Plotnikova conducted
the research (15%).

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest
regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Latkov NYu, Koshelev YuA, Vekovtsev AA, Poznyakovskiy VM. Theoretical positions of modern sport nutrition and its practical implementation. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2017;5(4):82–92. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/food170411>
2. De Simone V, Caccavo D, Lamberti G, d'Amore M, Barba AA. Wet-granulation process: phenomenological analysis and process parameters optimization. Powder Technology. 2018;340:411–419. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.09.053>
3. Popov AM, Plotnikov KB, Ivanov PP, Donya DV, Pachkin SG, Plotnikova IO. Instant drinks with amaranth flour: Simulation of mechatronic systems of production. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):273–281. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-273-281>
4. Farberova EA, Tingaeva EA, Chuchalina AD, Kobeleva AR, Maximov AS. Obtaining granulated active carbon from wastes of vegetable raw materials. ChemChemTech. 2018;61(3):51–57. (In Russ.). <https://doi.org/10.6060/tcct.20186103.5612>
5. Ermolaev YaYu. Research and development of production processes for barley flour instant granular drink. Cand. sci. eng. abstract diss. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2013. 20 p. (In Russ.).
Ермолаев Я. Ю. Исследование и разработка процессов производства быстрорастворимого гранулированного напитка на основе ячменной муки: автореф. дис. канд. техн. наук. Кемерово, 2013. 20 с.
6. Shentsova ES, Kurchaeva EE, Vostroilov AV, Esaulova LA. Determination of technological parameters of the granulation of mixed fodders for young rabbits and the evaluation of their effectiveness. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2018;80(3):176–184. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-176-184>
7. Lisina NL. Environmental regulations in Russian food security. Foods and Raw Materials. 2019;7(1):193–201. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-193-201>
8. Sevostyanov MV, Ilyina TN, Boichuk IP, Pereygin DN, Koshchukov AV, Emelyanov DA. Pneumatic mechanical equipment for microgranulation of manmade materials. Transactions of the Tambov State Technical University. 2017;2(3):452–460. (In Russ.). <https://doi.org/10.17277/vestnik.2017.03.pp.452-460>
9. Lyubov VK, Popov AN, Popova EI, Yarkov DA. Survey of process for the production of granulated fuel wood. Cherepovets State University Bulletin. 2017;77(2):31–39. (In Russ.).
Энергообследование процесса производства древесных гранул / В. К. Любов [и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. 2017. Т. 77. № 2. С. 31–39.
10. Fedorov IA, Nguyen CV, Prosekov AYU. Study of the elastic properties of the energetic molecular crystals using density functionals with van der Waals corrections. ACS Omega. 2021;6(1):642–648. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c05152>
11. Dyshlyuk L, Babich O, Ivanova S, Vasilchenko N, Prosekov A, Sukhikh S. Suspensions of metal nanoparticles as a basis for protection of internal surfaces of building structures from biodegradation. Case Studies in Construction Materials. 2020;12. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00319>
12. Krainov YuE, Mikhailova OV, Kirillov NK. Analysis of working chambers which provide thermal treatment and waste granulation of agricultural raw materials. Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018;42(2):6–12. (In Russ.). <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-2-6-12>
13. Osokin AV. Development of the mathematical model of granulated material movement in flat matrix granulator spinnerets. Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2018;22(4):43–61. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2018-4-43-61>
14. Veronica N, Goh HP, Kang CYX, Liew CV, Heng PWS. Influence of spray nozzle aperture during high shear wet granulation on granule properties and its compression attributes. International Journal of Pharmaceutics. 2018;553(1–2):474–482. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.10.067>

15. Maytakov AL, Popov AM, Vetrova NT, Beryazeva LN, Zverikova MA. Modeling of manufacturing technologies for multicomponent granulated products. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018;80(4):63–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-63-68>
16. Popov AM, Plotnikova IO, Plotnikov KB, Donya DV, Konyaev AV. Drum vibration granulator. Russia patent RU 2693772C2. 2019.
Барабанный виброгранулятор: пат. 2693772C2 Рос. Федерация. № 2017145262 / Попов А. М. [и др.]; заявл. 21.12.2017; опубл. 04.07.2019, Бюл. № 19. 7 с.
17. Lebedev AB, Utkov VA, Khalifa AA. Sintered sorbent utilization for H₂S removal from industrial flue gas in the process of smelter slag granulation. *Journal of Mining Institute*. 2019;237:292–297. <https://doi.org/10.31897/pmi.2019.3.292>
18. Latkov NYu, Vekovtsev AA, Nikityuk DB, Poznyakovskiy VM. Specialized product of antioxidant activity for sports nutrition. *Human. Sport. Medicine*. 2018;18(S):125–134. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/hsm18s18>
19. Guo L, Tao H, Cui B, Janaswamy S. The effects of sequential enzyme modifications on structural and physicochemical properties of sweet potato starch granules. *Food Chemistry*. 2019;277:504–514. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.014>
20. Yuan Q, Gong H, Xi H, Xu H, Jin Z, Ali N, *et al.* Strategies to improve aerobic granular sludge stability and nitrogen removal based on feeding mode and substrate. *Journal of Environmental Sciences*. 2019;84:144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.04.006>
21. De Simone V, Dalmoro A, Lamberti G, Caccavo D, d'Amore M, Barba AA. HPMC granules by wet granulation process: Effect of vitamin load on physicochemical, mechanical and release properties. *Carbohydrate Polymers*. 2018;181:939–947. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.056>
22. Maytakov AL, Shlyapin AF, Tihonova NV, Poznyakovskiy VM. Substantiation of technological parameters of production and consumer properties of a new form of specialized beverage. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2017;5(4):41–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/food170406>
23. Cherepanova MV, Kuzina EO, Poylov VZ, Munin DA. Research of pulverized halurgic potassium chloride agglomeration. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2019;330(4):68–77. (In Russ.). <https://doi.org/10.18799/24131830/2019/4/197>
24. Duy LX, Toan TQ, Anh DV, Hung NP, Huong TTT, Long PQ, *et al.* Optimization of canthaxanthin extraction from fermented biomass of *Paracoccus carotinifaciens* VTP20181 bacteria strain isolated in Vietnam. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(1):117–125. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-1-117-125>
25. Shad Z, Mirhosseini H, Motshakeri M, Sanjabi MR, Meor Hussin AS. α -amylase from white pitaya (*Hylocereus undatus* L.) peel: optimization of extraction using full factorial design. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(1):79–86. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-1-79-86>

Роль инновационной среды в развитии предприятий общественного питания в региональных условиях



Н. В. Горников¹, Л. А. Маюрникова^{1,*},
С. В. Новоселов², Т. В. Крапива¹, А. А. Кокшаров¹

¹ Кемеровский государственный университет , Кемерово, Россия

² Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова , Барнаул, Россия

Поступила в редакцию: 11.10.2021

Поступила после рецензирования: 01.11.2021

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: nir30@mail.ru

© Н. В. Горников, Л. А. Маюрникова, С. В. Новоселов,
Т. В. Крапива, А. А. Кокшаров, 2022



Аннотация.

Специфика общественного питания имеет ряд факторов, сдерживающих инновационное развитие. Поэтому актуально создание элементов инновационной инфраструктуры для отрасли в регионе. Цель исследования – разработка механизма развития инновационной среды на основе анализа перспектив деятельности предприятий общественного питания в региональных условиях.

К объектам исследования относятся предприятия общественного питания, профильные университеты, потребители, рынок товаров, услуг и технологий, а также элементы инновационной инфраструктуры региона (бизнес-инкубаторы, центр трансфера технологий, центры коллективного пользования и тематический инновационный кластер). Применялись общелогические методы: анализ, обобщение, систематизация и синтез.

Государственное регулирование стимулирует научно-инновационную деятельность через финансирование проектов и программ по приоритетным направлениям науки и техники. Условием для участия в программах «УМНИК» и «СТАРТ» является инновационный проект, который вызывает необходимость выбора участников процесса и путей их сотрудничества. Разработан механизм взаимодействия участников, сущность которого заключается в поэтапном выборе участников, постановке задач и путей решения. Выбор элементов инфраструктуры осуществляли в последовательности инновационного цикла: студенческий бизнес-инкубатор, Инфопарк, Центр коллективного пользования научным оборудованием, Центр трансфера технологий и тематический кластер. Анализ опыта деятельности кластеров показал, что эффективными для сферы питания являются тематические кластеры.

Инновационная деятельность целесообразна в интеграции с университетами и элементами региональной инфраструктуры. Актуально формирование элементов инновационной инфраструктуры, применяемых к инновационным проектам в сфере питания. Для их реализации и выведения новшеств на рынок перспективной организационной формой развития инновационной деятельности в сфере питания являются тематические кластеры.

Ключевые слова. Инновационное развитие, инновационный проект, инновационная инфраструктура, инновационная деятельность, тематический кластер

Для цитирования: Роль инновационной среды в развитии предприятий общественного питания в региональных условиях / Н. В. Горников [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 70–78. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-70-78>

Innovative Environment in Public Catering

Nikolaj V. Gornikov¹, Larisa A. Mayurnikova^{1,*}, Sergey V. Novoselov²,
Tatyana V. Krapiva¹, Arkadiy A. Koksharov¹

¹ Kemerovo State University^{}, Kemerovo, Russia

² Polzunov Altai State Technical University^{}, Barnaul, Russia

Received: 11.10.2021

Revised: 01.11.2021

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: nir30@mail.ru

© N.V. Gornikov, L.A. Mayurnikova, S.V. Novoselov,
T.V. Krapiva, A.A. Koksharov, 2022



Abstract.

Public catering is a very specific sphere with a number of factors that hinder innovative development. As a result, local public catering businesses require innovative elements that would be tailored for their needs. The research objective was to analyze the prospects of the public catering industry in the Kemerovo Region and design an instrument for its innovative environment. The research featured public catering enterprises, food industry universities, consumers, and market, as well as related products, services, and technologies. It also involved such elements of local innovation infrastructure as business incubators, technology transfer centers, core facility centers, and industry-specific innovation clusters. The analysis relied on such basic methods as analysis, generalization, systematization, and synthesis.

State regulation stimulates research and innovative activity by financing projects in priority areas of science and technology. For example, programs UMNİK and START choose applicants with the best innovative project. These programs need new methods of selecting the winners and organizing their cooperation. The research offers a stage-by-stage mechanism of interaction, goal setting, and decision making. The infrastructure elements belonged to the innovation cycle: a student business incubator, an Infopark, a core facility center, a technology transfer center, and a industry-specific cluster. Industry-specific clusters proved effective for the public catering sector.

Innovative activity makes sense when it is integrated with universities and regional infrastructure. Regional food catering infrastructure needs innovative elements and innovative projects, and industry-specific clusters can bring these novelties to the market.

Keywords. Innovative development, innovative project, innovative infrastructure, innovation activity, thematic cluster

For citation: Gornikov NV, Mayurnikova LA, Novoselov SV, Krapiva TV, Koksharov AA. Innovative Environment in Public Catering. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):70–78. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-70-78>

Введение

В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации отмечается, что обеспечение перехода страны на инновационный путь развития требует формирования и развития механизмов многостороннего взаимодействия между органами государственной власти, бизнесом, научными и образовательными организациями, а также организациями гражданского общества [1]. Актуально это для сферы малого предпринимательства, т. к. проблема развития малого бизнеса в России остается нерешенной [2]. В соответствии со статистическими данными Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР, Organization for Economic Cooperation and Development) за 2017 г. среди стран-членов ОЭСР доля субъектов малого и среднего предпринимательства в общем количестве предприятий составила около 98 %; доля малых и средних предприятий в

структуре валового внутреннего продукта – от 50 до 60 %; занятость – более 60 % от общего количества занятых. Доля малого и среднего предпринимательства в структуре ВВП России в 2017 г. составила 22 %, а занятость – 19 % от общего количества занятых [3, 4].

Немаловажным фактором в развитии малого предпринимательства является территориальная расположенность регионов [5]. Ряд исследователей выявил, что активность малого предпринимательства снижается по мере удаленности от центральной части России [6, 7].

Инновационные процессы малых предприятий различаются от отрасли к отрасли содержанием разработок, скоростью технологических изменений, структурой взаимосвязей и доступом к знаниям, а также организационными структурами и институциональными факторами [8, 9]. Для

некоторых отраслей характерны быстрые изменения и радикальные инновации, для других – меньшие и улучшающие изменения.

Инновации в сфере услуг для социально-экономического развития регионов получают все большее признание. Это представляет интерес для исследований, посвященных инновациям в производстве продукции и предоставлении услуг [10]. Особенностью деятельности предприятий сферы услуг является то, что разграничение между продуктами и процессами размыто, а производство и потребление происходят одновременно [11]. Поэтому инновационная деятельность в сфере услуг должна иметь тенденцию к непрерывности по улучшающим изменениям как в продуктах, так и в процессах.

Малые и средние предприятия относятся к узкоспециализированным в своей деятельности. Например, предприятия общественного питания. Для повышения эффективности развития необходимо взаимодействие этих предприятий с другими профильными предприятиями, органами и организациями, в том числе научно-образовательными [12].

Это делает актуальным проведение анализа перспектив участия предприятий отрасли общественного питания как представителя малого предпринимательства в инновационной деятельности, выявление специфики создания условий для нее и разработку механизма взаимодействия предприятий с другими участниками инновационной деятельности в региональных условиях.

Анализ специализированной литературы в сфере питания, в том числе отраслевых научных журналов («Пищевая промышленность», «Хранение и переработка сельхозсырья» и т. д.), выявил высокую публикационную активность специалистов в направлении разработки рецептур и технологий функциональных и специализированных продуктов питания, блюд и рационов [13]. Результаты патентных исследований свидетельствуют о меньших количествах разработок, получивших свидетельства на интеллектуальную собственность.

Анализ рынка функциональных продуктов питания, проводимый разными исследователями, показывает низкий процент коммерциализуемости от общего числа научных разработок [14]. Это связано с тем, что задел научно-технических разработок на новые продукты в университетах представлены в виде НИР и НИОКР, а не в виде инновационного проекта. Это подтверждает ранее высказанную авторами гипотезу об отсутствии интеграции участников научно-инновационной деятельности в системе «наука и образование – производство – рынок» и вызывает необходимость выявления причин такого разрыва и разработки предложений по их устранению.

Целью исследования является анализ перспектив инновационного развития предприятий общественного питания в региональных условиях, а также разработка механизма развития инновационной среды.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали предприятия общественного питания, профильные университеты, потребители, рынок товаров, услуг и технологий, а также элементы инновационной инфраструктуры региона (бизнес-инкубаторы, центр трансфера технологий, центры коллективного пользования и тематический инновационный кластер). В качестве методов исследования применяли анализ, обобщение, систематизацию и синтез.

Результаты и их обсуждение

Общественное питание – это отрасль, чувствительная к изменениям внешней среды: социально-экономическим, экологическим, эпидемиологическим и др. [15, 16]. Предприятия общественного питания не относятся к высокотехнологичным, где исследования и разработки играют ключевую роль в развитии, в том числе инновационным. Особенности организационной структуры предприятий свидетельствуют о том, что эффективность их деятельности должна базироваться на сотрудничестве, перерастающем в партнерство. Инновационное сотрудничество дает предприятиям возможность получить доступ к знаниям и технологиям, которыми они не могли бы воспользоваться самостоятельно. В партнерстве присутствует высокий синергетический потенциал, поскольку партнеры заинтересованы друг в друге. Инновационное развитие в системе «наука и образование – производство – рынок» предполагает сотрудничество между научно-образовательными организациями и профильными предприятиями, что формирует инновационную среду [17].

Инновационная среда – это совокупность участников научно-инновационной деятельности, объединенных стратегиями развития отраслей и регионов, инновационной политикой организаций и предприятий материальной и нематериальной сфер. Их задачей является производство и реализация товаров, технологий и услуг для удовлетворения потребительского спроса и повышения качества жизни.

Цель инновационной среды – эффективное развитие инновационной деятельности, направленной на социально-экономическое развитие отраслей и регионов. Задача – сформировать специалиста для инновационной деятельности, который способен и готов к разработке инновационного проекта новшеств в благоприятных условиях, созданных в регионе при поддержке и регулировании государства, с целью

материализации научно-технических достижений и коммерциализации новшеств для удовлетворения потребителя и развития спроса на рынке.

Инновационная сфера – понятие, включающее в себя широкий круг участников, которые создают условия обеспечения инновационной среды необходимой информацией для инновационной деятельности. Это государственная поддержка в виде Фондов, объекты инновационной инфраструктуры, некоммерческие организации (ассоциации и союзы, общественные организации), потребители и т. д.

Основными элементами при формировании инновационной среды в сфере питания являются:

- программы создания элементов инновационной инфраструктуры в отрасли;
- система студенческих научных сообществ и коллективов;
- система образования (формальная и неформальная), включающая программы подготовки студентов к научно-инновационной деятельности;
- механизм формирования престижа научно-инновационной деятельности в отрасли;
- государственная поддержка инновационного проекта в отрасли/регионе.

Государственная поддержка инновационных проектов в сфере питания как результат процесса научно-инновационной деятельности осуществляется

через ряд фондов в рамках программ [18]. Финансовая поддержка инновационных проектов в сфере питания осуществляется через бюджетное и венчурное финансирование (табл. 1).

Для поддержки научно-инновационной деятельности молодежных коллективов в сфере питания представляет интерес Фонд содействия инновациям. Одним из условий участия в конкурсах фонда (программы «УМНИК», «СТАРТ» и др.) является наличие интеллектуальной собственности или заявка на ее получение, зарегистрированная в Федеральном институте промышленной собственности [19].

Анализ патентной активности в Кемеровской области показал, что за последние 5 лет в регионе получено более 50 патентов на изобретения и более 30 патентов на полезную модель, относящихся к области техники и технологии в сфере питания. Это свидетельствует о высокой патентной активности. Однако владельцами результатов интеллектуальной деятельности являются профильные научно-образовательные организации без последующей передачи интеллектуальной собственности на предприятия для реализации новшеств. Это является сдерживающим фактором в развитии инновационной деятельности.

В области разработки НИОКР и получении результатов интеллектуальной деятельности в

Таблица 1. Виды поддержки инновационных проектов

Table 1. Types of support for innovative projects

Бюджетное финансирование		Венчурное финансирование	
Программы	Источник финансирования	Источник	Характеристика финансирования
По контрактам выполнения заказа: – федеральные инновационные программы; – государственные научно-технические программы; – международные проекты и программы	Приоритетные направления научно-технологического развития России; критические технологии	Частное партнерство рискового капитала	Частный капитал для инновационной деятельности, экспертизы, собственного опыта и получения дохода
		Корпоративный рисковый капитал	Объединяет капиталы для инновационной деятельности, НИОКР и прибыли
Целевые бюджетные фонды: – Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ); – Российский научный фонд (РНФ); – Фонд содействия инновациям	Гранты, перспективные НИР	Инвестиционные банковские фонды	Финансируют проекты предприятий при условии снятия рисков
Базовое финансирование стратегии: – Академия науки и др.; – государственные научные центры, научно-исследовательские институты	Целевые и федеральные целевые программы	Частные организации венчурного капитала	Имеют лицензию и действуют от организаций правительства
		Индивидуальные инвесторы	Финансируют стартапы, когда есть личность и идея, но нет опыта в бизнесе
		Правительство регионов	Финансирование на ранних стадиях инновационной деятельности. Размер финансирования ограничен

виде интеллектуальной собственности работают вузы и научные организации региона: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, Сибирский государственный индустриальный университет, Кемеровский государственный университет, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук и др. Патентная активность выше в отраслях, имеющих партнерские отношения между научно-образовательными организациями и предприятиями. Результатом является интеллектуальная собственность, стоящая на балансе и реализуемая на потребительском, промышленном и технологическом рынках. Необходимо отметить, что высокая активность наблюдается в отраслях, где имеются элементы инновационной инфраструктуры: бизнес-инкубаторы, технопарк и т. д.

Одним из направлений поддержки малого предпринимательства является информационная поддержка, которая заключается в формировании информационно-коммуникационных систем. Наличие интеллектуальной собственности в сфере питания в КемГУ является основанием и перспективой создания

в вузе элементов инновационной инфраструктуры для трансфера технологий (центр трансфера технологий). Это будет мотивировать профессорско-преподавательский состав и научных сотрудников кафедр и подразделений, имеющих отношение к сфере питания, находить возможности формирования партнерских отношений с предприятиями отрасли для коммерциализации результатов интеллектуальной деятельности специалистов. Для этой цели разработан механизм взаимодействия элементов инновационной инфраструктуры для сферы питания в системе процесса научно-исследовательской деятельности «от идеи до потребителя» (табл. 2).

Государственная поддержка инновационного развития отраслей и регионов заключается в создании благоприятных условий. Для этой цели формируется инновационная система, основной задачей которой является процесс интеграции субъектов и объектов (участников инновационного процесса) для разработки и практической реализации инновационных проектов с целью развития предприятий [20]. Концепция инновационного развития Кемеровской области на период до 2030 г. разработана в целях обеспечения устойчивого

Таблица 2. Совокупность элементов инновационной инфраструктуры

Table 2. Elements of the innovation infrastructure

Элемент инфраструктуры	Назначение
Студенческий бизнес-инкубатор в профильном вузе	Формирует творческие группы студентов и молодых специалистов для участия в инновационной деятельности в сфере питания на основе междисциплинарных/межотраслевых связей. Генерация идей базируется на выявлении проблем в области питания и здоровья населения Кузбасса и нахождении нестандартных путей решения
Информационно-технологический центр	Осуществляет сбор информации по проблемам в области питания и здоровья населения, организационно-управленческим проблемам предприятий сферы питания, экологическим проблемам региона и т. д., являющихся приоритетными и требующих разработки новшеств (технологических, организационных, маркетинговых и т. д.). Цель – доведение информации до потенциальных пользователей с целью разработки инновационных проектов
Центр коллективного пользования научным оборудованием	Проведение исследований, в том числе фундаментальных, результаты которых могут стать основой разработки новшеств при разработке инновационных проектов, базой для интеллектуальной собственности и возможностью участия в конкурсах и грантах фондов поддержки исследований и разработок
Бизнес-инкубатор	Проводит консалтинг разработки инновационных проектов. Их реализация возможна либо путем открытия малых инновационных предприятий, либо выведением инновационных проектов на технологический рынок для сферы питания
Центр трансфера технологий в профильном вузе	Осуществляет сбор и систематизацию существующих проектных разработок в вузе, поиск заинтересованных партнеров, доработку в соответствии с требованиями, предъявляемыми к инновационным проектам, и последующую коммерциализацию на предприятии реального сектора экономики
Тематический кластер	Элемент инновационной инфраструктуры, объединяющий предприятия и организации, заинтересованные в реализации инновационных проектов по моно направлению научно-инновационной деятельности. Например, разработка инновационных проектов функциональных хлебобулочных изделий, реализуемых на хлебопекарных предприятиях Кемеровской области
Рынок товаров и технологий РИД	Формирует спрос на новшества

развития региональной инновационной системы, повышения конкурентоспособности экономики и качества жизни населения, а также в целях создания условий для повышения инновационной активности предприятий и организаций и эффективной системы межведомственного взаимодействия по реализации единой стратегии инновационного развития региона.

Согласно Рейтингу инновационного развития субъектов России (2021 г.) Кемеровская область находится на 35-м месте из 83. Рост доли инновационной продукции и реализация инновационного потенциала региона сдерживаются отсутствием на территории области объектов инновационной инфраструктуры (бизнес-инкубаторов, центров трансферта технологий, венчурных фондов, центров коммерциализации технологий при вузах). Они могли бы обеспечить эффективную взаимосвязь науки и бизнеса, коммерциализацию научных разработок, создать рабочие места для молодежи, получившей образование по перспективным направлениям и готовой к инновационной деятельности в отраслях региона.

Инфраструктура инновационной деятельности – это комплекс взаимосвязанных структур, обеспечивающих базу для решения задач процесса научно-исследовательской деятельности. Роль инновационной инфраструктуры – выступать связующим звеном между участниками процесса научно-исследовательской деятельности: «Научно-образовательные организации» и «Производство», а также выводить результаты их совместной

деятельности (товар, технология, услуга) на рынок, т. е. доводить продукт как объект инновационного проекта до коммерциализации.

Первым объектом в инфраструктуре Кемеровской области для размещения инновационных и сервисных компаний стал Кузбасский технопарк, созданный в 2007 г. Учитывая специфику области (Кузбасс – крупный промышленный регион), деятельность Технопарка была направлена на инновационное развитие химической и угледобывающей промышленности. Однако фактор «промышленная ориентация региона» свидетельствует о необходимости инновационного развития сферы питания для формирования и поддержания здоровья местного населения. Это делает актуальным создание условий для инновационного развития предприятий сферы питания.

Наряду с угольным кластером Кузбасса, являющимся базовым в отраслевой специфике развития региона, имеют официальный статус и функционируют еще три кластера: биомедицинский, агропромышленный и туристический. Они относятся к кластерам малых и средних предприятий, что подтверждается анализом их формирования и развития (табл. 3).

В соответствии с типизацией кластеров агропромышленный и биомедицинский кластеры относятся к процессным, туристско-рекреационный – к туристическим. Предприятия общественного питания, оказывая услуги питания и обслуживания, могут являться участниками как агропромышленного, так и туристско-рекреационного кластеров.

Таблица 3. Кластеры Кемеровской области – Кузбасса (по состоянию на сентябрь 2021 г.)

Table 3. Clusters of the Kemerovo region (September 2021)

Кластер	Цель и задачи	Участники
Комплексная переработка угля и техногенных отходов	Целью создания и развития кластера является усиление конкурентоспособности региональной экономики за счет внедрения результатов НИОКР, привлечения инноваций и мирового опыта в сфере комплексной переработки угля и отходов, получаемых при его добыче, обогащении и сжигании. Создан в 2012 г.	46
Биомедицинский	Создание кластера предполагает специализацию Кемеровской области на высокотехнологичной медицинской помощи, а также выпуске биоматериалов и биопрепаратов. Создан в 2014 г.	80
Агро-промышленный	Добровольное и неформальное объединение организаций разных отраслей, географически сосредоточенных в одном регионе, с целью производства, переработки и реализации сельскохозяйственной продукции и защиты окружающей среды. Задачи: повышение продовольственной безопасности региона и конкурентоспособности сельскохозяйственных товаропроизводителей, развитие малого и среднего предпринимательства в сельском хозяйстве. Создан в 2015 г.	130
Туристско-рекреационный	Целью функционирования кластера является повышение конкурентоспособности предприятий туристско-рекреационного комплекса, продвижение внутреннего туристского продукта и расширение спектра туристских услуг в регионе в долгосрочном периоде. Создан в 2015 г. в рамках Стратегии развития туристско-рекреационного кластера Кузбасса на период до 2025 г.	78

Таблица 4. Механизм функционирования тематических инновационных кластеров в сфере питания

Table 4. Public catering innovation clusters and their functioning

Элементы механизма	Характеристика элементов механизма
Условия создания кластера	– региональная политика по инновационному развитию отраслей и региона; – граничные условия: отрасль, программа, тематическое направление, регион; – сформированная инновационная среда (инновационная сфера)
Критерий создания кластера	– наличие производственной кооперации; – наличие партнерских отношений между представителями науки, образования и промышленными предприятиями; – наличие инновационной инфраструктуры
Инициатор создания кластера	– группа промышленных предприятий, имеющих кооперационные связи и партнерские (творческие) отношения с научно-образовательными организациями (наука, образование)
Управление кластером	– специально созданная организация для управления тематическим кластером, учредителями которой являются промышленные предприятия
Форма поддержки	– субсидии участникам промышленного кластера на реализацию совместных инновационных проектов; – гранты для поддержки инновационных проектов

Таблица 5. Перспективные региональные тематические инновационные кластеры в сфере питания

Table 5. Promising regional public catering innovation clusters

Наименование	Тематический инновационный кластер «Кузбассхлеб»	Тематический инновационный кластер «Школьное питание в Кузбассе»
Цель, задачи	Обеспечение населения Кузбасса хлебобулочными изделиями специализированного назначения для разных групп населения, в том числе для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний на основе инновационных проектов и интеграции участников	Обеспечение обучающихся образовательных учреждений Кузбасса продукцией (рационами) в соответствии с рекомендациями, соответствующих органов и организаций, в том числе специализированного назначения, на основе инновационных проектов и интеграции участников
Участники	Профильные образовательные учреждения (университеты, колледжи), малые и средние хлебопекарные предприятия региона, вузовские малые инновационные предприятия, элементы инновационной инфраструктуры	Профильные образовательные учреждения (университеты, колледжи), малые и средние пищевые предприятия региона, предприятия общественного питания образовательных учреждений, вузовские малые инновационные предприятия, элементы инновационной инфраструктуры
Ожидаемые результаты	Новые технологии и продукты функционального назначения, интеллектуальная собственность, инновационные проекты для участия в конкурсах и грантах, кадры для инновационной деятельности, сформированный региональный рынок функциональных продуктов питания, технологический рынок, освоение внутреннего и внешнего рынка	Новые технологии и продукты функционального назначения, интеллектуальная собственность, инновационные проекты для участия в конкурсах и грантах, кадры для инновационной деятельности, сформированный региональный рынок функциональных продуктов питания, технологический рынок, здоровое поколение

Анализ информации об обозначенных кластерах, размещенных в открытом доступе на сайтах профильных департаментов Администрации Правительства Кузбасса, свидетельствует о том, что запланированные мероприятия для достижения цели можно охарактеризовать как направленные на развитие бизнеса, а не инновационной деятельности.

В условиях процесса научно-инновационной деятельности создание и развитие инновационных кластеров является актуальным, т. к. это организационная форма развития предприятий на основе

решения актуальных проблем и задач развития отрасли в виде процесса разработки и практической реализации инновационных проектов. Поэтому представляет интерес создание тематических инновационных кластеров. Предложен механизм формирования инновационных кластеров в сфере питания региона (табл. 4).

В перечне критических технологий Российской Федерации имеется направление (№ 22) по разработке технологий, направленных на снижение социально-значимых заболеваний. Для его реализации

перспективно участие в грантах молодых ученых, представителей отраслей сельскохозяйственной, пищевой и перерабатывающей промышленности, общественного питания, медицины (гигиены) и т. д. Коллаборация и партнерские отношения науки с профильными предприятиями промышленности формируют тематические кластеры, включающие в себя науку, образование, малые и средние предприятия, инфраструктуру инновационной деятельности. Тематические кластеры способствуют решению ряда задач, изложенных в стратегических документах развития России до 2035 г.

Создание тематических кластеров может быть связано, например, с разработкой, производством и выводением на рынок однородных групп функциональных продуктов. Преимущество тематических кластеров состоит в том, что они представляют собой кооперацию, инновационное развитие участников которой строится на совместной интеллектуальной собственности и совместном участии в формировании технологического рынка и рынка технологий. Примеры перспективных региональных тематических кластеров в сфере питания представлены в таблице 5.

Опыт научно-инновационной деятельности по тематическим направлениям в сфере питания в Кузбассе имеется. Он был накоплен в период реализации региональной программы «К здоровью – через питание», разработанной и реализуемой с 2002 г. Инициаторами и участниками программы являлись профильные университеты, органы муниципальной власти и пищевые предприятия региона. Кроме того, к реализации программы были подключены ТУ Роспотребнадзора по Кемеровской области, Центр стандартизации, метрологии и сертификации и др.

Вывод

С одной стороны, сектор малого предпринимательства, к которому относится общественное питание, является важным фактором социально-экономического развития общества, с другой –

имеются объективные проблемы, сдерживающие его развитие. К ним можно отнести многочисленность, многоформатность, децентрализацию, отсутствие высококвалифицированных специалистов, низкий уровень доступности к информации и технологиями и т. д. В условиях инновационного развития малого предпринимательства важное значение имеет формирование инновационной среды, которая основывается на партнерских отношениях научно-образовательных организаций и производстве в системе «наука и образование – производство – рынок». Для повышения эффективности инновационной деятельности предприятий через разработку и практическую реализацию инновационных проектов необходима государственная поддержка и инновационная инфраструктура, которая приближена к специфике деятельности предприятий сферы питания. Перспективной организационной формой развития инновационной деятельности в сфере питания являются тематические кластеры, в рамках которых эффективна разработка и практическая реализация инновационных проектов по актуальным темам.

Критерии авторства

Н. В. Горников – 20 %, Л. А. Маюрникова – 25 %, С. В. Новоселов – 25 %, Т. В. Крапива – 15 %, А. А. Кокшаров – 15 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

N.V. Gornikov – 20%, L.A. Mayurnikova – 25%, S.V. Novoselov – 25%, T.V. Krapiva – 15%, A.A. Koksharov – 15%.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Krasnostanova N, Yatskevych I, Maidaniuk S, Palamarchuk V, Pryvalova N. Strategic management tools for innovative development of the region. *Studies of Applied Economics*. 2021;39(5). <https://doi.org/10.25115/eea.v39i5.5282>
2. Klimovskikh NV, Arutyunova AE, Chernenko EM, Tyutyunnikov AS. Regulation of small business development in Russia. *Revista Genaro and Direito*. 2020;9(3):360–378.
3. Small, medium, strong. Trends in SME performance and business conditions. Paris: OECD; 2017. 120 p. <https://doi.org/10.1787/9789264275683-en>
4. Volodkevich SI. Improving the methodology for assessing the business climate at small companies in the region. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2021;227:1011–1018. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0953-4_95
5. Yushkova VV, Myazin NS, Davydov VV, Makeev SS, Rud VYu, Switala F. Problems and main directions of innovative development of small and medium-sized businesses in agriculture of Russia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020;940. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012045>

6. Varagina AE. The role of small and medium-sized businesses in Russia. *Young Scientist*. 2018;210(24):119–124. (In Russ.).
- Варагина А. Е. Исследование роли малого и среднего бизнеса в России // *Молодой ученый*. 2018. Т. 210. № 24. С. 119–124.
7. Prokhorova VV, Kobozeva EM, Belyaeva EV. Anlysis of business activity of small and medium business in Russia. *Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management*. 2019;27(3):25–31. (In Russ.).
- Прохорова В. В., Кобозева Е. М., Беляева Е. В. Анализ предпринимательской активности малого и среднего бизнеса в России // *Научный вестник Южного института менеджмента*. 2019. Т. 27. № 3. С. 25–31.
8. Pyataeva O, Zueva A, Nurgazina G. Development of small business in conditions of innovative economic development. *Education Excellence and Innovation Management: A 2025 Vision to Sustain Economic Development During Global Challenges: Proceedings of the 35th IBIMA; 2020; Seville*. Seville: IBIMA; 2020. p. 7846–7853.
9. Doroshenko YuA, Malykhina IO, Somina IV. Methodology of the formation of a comprehensive support mechanism of innovation and investment development in the region. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020;128:916–923. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46817-0_103
10. Barragan-Ferrer J-M, Negny S, Damasius J, Barragan-Ferrer D, Cizeikiene D. TRIZ evolution trends as an approach for predicting the future development of the technological systems in the food industry. In: Cortés-Robles G, García-Alcaraz JL, Alor-Hernández G, editors. *Managing innovation in highly restrictive environments*. Cham: Springer; 2019. pp. 247–277. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93716-8_12
11. Chomanov UC, Tultabaeva TC, Kenenbay GS, Tultabaev MC, Shoman EA. Development of industrial and agricultural enterprises on the basis of innovation management. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*. 2019;10(8):2297–2304.
12. Mayurnikova LA, Koksharov AA, Krapiva TV, Novoselov SV. Food fortification as a preventive factor of micronutrient deficiency. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020;50(1):124–139. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139>
13. Simonenko SV, Zolotin AYU, Simonenko ES, Kopytko MS. Research of baby food drinks with vegetable components. *Food Industry*. 2020;(10):8–11. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2020-10114>
14. Novoselov SV, Mayurnikova LA. Theoretical innovation: research and innovative activity and innovation management. *St. Petersburg: GIORД*; 2017. 416 p. (In Russ.).
- Новоселов С. В., Маюрникова Л. А. Теоретическая инноватика: научно-инновационная деятельность и управление инновациями. СПб.: ГИОРД, 2017. 416 с.
15. Obratsova OI, Chepurensko AYU. Entrepreneurial activity in Russia and its cross-regional differences. *Journal of the New Economic Association*. 2020;46(2):198–210. (In Russ.). <https://doi.org/10.31737/2221-2264-2020-46-2-12>
16. Mayurnikova LA, Koksharov AA, Krapiva TV. Food safety practices in catering during the coronavirus COVID-19 pandemic. *Foods and Raw Materials*. 2020;8(2):197–203. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-2-197-203>
17. Krapiva T, Mayurnikova L, Koksharov A, Novoselov S, Gubanenko G. Technology of integrated processing of fruit raw material in the small enterprise setting. *E3S Web of Conferences*. 2020;161. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016101045>
18. Bogacheva OV, Smorodinov OV. Major aspects of organization of public R&D funding in OECD countries. *Financial Journal*. 2019;48(2):37–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.31107/2075-1990-2019-2-37-50>
19. Kliucharev GA, Chursina AV. Hightech industries for an innovative economy: expert opinions. *RUDN Journal of Sociology*. 2021;21(1):68–83. (In Russ.). <https://doi.org/10.22363/2313-2272-2021-21-1-68-83>
20. Bondarenko NE, Maksimova TP, Skryl TV, Gubarev RV. Innovative development in the regions of the Russian Federation: Features and basic digital tools. In: Shakirova OG, Bashkov OV, Khusainov AA, editors. *Current problems and ways of industry development: equipment and technologies*. Cham: Springer; 2021. pp. 653–660. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69421-0_69

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-79-88>

Обзорная статья

<https://fppt.ru>

Методы оценки остаточного количества антибиотиков группы амфениколы в молоке и молочной продукции

**О. С. Чаплыгина***, **А. Ю. Просеков**, **А. Д. Веснина***Кемеровский государственный университет , Кемерово, Россия**Поступила в редакцию: 09.12.2021**Поступила после рецензирования: 30.01.2022**Принята к публикации: 14.02.2022***e-mail: chaplygina_95@mail.ru**© О. С. Чаплыгина, А. Ю. Просеков,
А. Д. Веснина, 2022*

Аннотация.

Контроль за содержанием антибиотиков группы амфениколы в животноводческой продукции – важная задача пищевой промышленности. Их попадание и накопление в организме человека приводит к появлению устойчивости к действию антимикробных препаратов, используемых в лечении инфекционных заболеваний. Цель работы – обобщение и анализ научных публикаций, посвященных методам идентификации остаточных следов антибиотиков группы амфениколы в молоке и молочной продукции.

В ходе работы проанализированы научные статьи российских и зарубежных ученых за последние 6 лет, размещенные в базах данных PubMed от National Center for Biotechnology Information (США), Scopus и ScienceDirect от Elsevier, на платформе Web of Science и в отечественной электронной библиотеке eLibrary.Ru.

Анализ научной литературы показал, что амфениколы широко используются в сельском хозяйстве. Опасные остаточные антибиотические вещества попадают в организм человека с пищей животного происхождения (молоко). Представлена информация об основных методах определения данных антибиотиков – скрининг и количественное определение. Показано, что эффективным методом оценки являются хроматографические, а именно высокоэффективная жидкостная хроматография с различными модификациями. Данные методы не лишены проблем с пробоподготовкой сырья – молока и сложной матрицы, приводящей к закупориванию капилляра. Следовательно, перспективны исследования в области очистки данного сырья и дальнейшего выделения амфениколов.

Рассмотрены основные методы идентификации антибиотиков группы амфениколы в молоке и продуктах его переработки. Обоснована перспектива разработки новых аналитических методов выделения и анализа остаточного количества антибиотиков данной группы.

Ключевые слова. Антибиотики, амфениколы, молоко, хроматография, биосенсоры, аптасенсоры, животноводческая продукция, антибиотикорезистентность

Финансирование. Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ при государственной поддержке ведущих научных школ (НШ-2694.2020.4).

Для цитирования: Чаплыгина О. С., Просеков А. Ю., Веснина А. Д. Методы оценки остаточного количества антибиотиков группы амфениколы в молоке и молочной продукции // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 79–88. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-79-88>

Determining the Residual Amount of Amphenicol Antibiotics in Milk and Dairy Products

Olga S. Chaplygina*^{ID}, Alexander Yu. Prosekov^{ID}, Anna D. Vesnina^{ID}

Kemerovo State University^{ROR}, Kemerovo, Russia

Received: 09.12.2021

Revised: 30.01.2022

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: chaplygina_95@mail.ru

© O.S. Chaplygina, A.Yu. Prosekov, A.D. Vesnina, 2022



Abstract.

Controlling the level of amphenicol antibiotics in animal products is an important task for the contemporary food industry. Amphenicols are widely used in agriculture. Residual antibiotic substances enter the human body with food of animal origin, e.g. milk, and may lead to resistance to antimicrobial drugs. The research objective was to analyze scientific publications on various methods for identifying residual amphenicol antibiotics in milk and dairy products.

The review covered six years of Russian and foreign publications from the PubMed databases of the National Center for Biotechnology Information (USA), Scopus and ScienceDirect databases of the Elsevier, the Web of Science platform, and the domestic electronic library eLibrary.Ru.

Screening and quantification proved to be the main methods for their determination. Chromatographic methods, i.e. various types of high performance liquid chromatography, appeared to be especially effective. These methods often experience problems with sample preparation because milk tends to clog the capillary. Thus, food science needs further studies in the field of milk purification and isolation of amphenicols.

The article describes the main methods for identifying amphenicol antibiotics in milk and dairy products and defines the prospect of further research.

Keywords. Antibiotics, amphenicols, milk, chromatography, biosensors, aptasensors, animal products, antibiotic resistance

Funding. The research was supported by the grant of the President of the Russian Federation for the state support of leading scientific schools (Scientific School No. 2694.2020.4).

For citation: Chaplygina OS, Prosekov AY, Vesnina AD. Determining the Residual Amount of Amphenicol Antibiotics in Milk and Dairy Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):79–88. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-79-88>

Введение

Открытие пенициллина Александром Флемингом в 1928 г. ознаменовало наступление новой эры в борьбе с микроорганизмами. Изначально антибиотики назначались людям в качестве средства борьбы со смертельными заболеваниями [1]. В 1940-х гг., в период роста спроса населения на мясо и птицу, осуществлялись исследования в области питания животных и формирования кормов и кормовых добавок для увеличения производства мяса [2, 3]. Е. L. Stokstad, изучающий влияние побочных продуктов ферментации *Streptomyces aureofaciens* – недорогого источника витамина В₁₂, добавляемого в корма животных, обнаружил, что «неопределенный» ингредиент в ферментированном «пюреобразном» виде увеличивал скорость роста цыплят [4]. Дальнейшие исследования установили, что данным «неопределенным» компонентом являлся антибиотик, продуцируемый *S. aureofaciens*. Дополнительные

исследования показали, что добавление небольшого количества антибиотиков в корма животных является фактором, стимулирующим рост и предотвращающим развитие различных заболеваний молочных коров, кур и свиней [5]. Данные открытия привели к массовому использованию антибиотиков в качестве стимуляторов роста в области животноводства. В результате, помимо лечебных и профилактических целей, антибиотики стали активно использоваться в качестве кормовых добавок для увеличения массы тела, а также в качестве консервантов для кормов [6, 7].

Антибиотики – это лекарства, используемые для лечения бактериальных инфекций. Их широкое использование в рационе сельскохозяйственных животных является одной из серьезных проблем обеспечения безопасности пищевых продуктов [8, 9]. Важным является тот факт, что производители животноводческой продукции являются инициаторами

добавления большого количества антибиотиков в свою продукцию. Опасность использования антибиотиков в сельском хозяйстве связана с тем, что данные вещества, попадая в организм животных, способны длительное время циркулировать в нем, а их остатки попадать в продукты животного происхождения (молоко, мясо, яйца и др.) [6, 10, 11]. Антибиотики попадают в организм человека с пищевыми продуктами, приводя к появлению устойчивости патогенных и условно-патогенных штаммов, находящихся в организме человека, лечению антибиотиками. Это формирует одну из важных угроз здоровой жизнедеятельности населения [12, 13].

Амфениколы – антибиотики, обладающие широким спектром действия по отношению ко многим видам грамположительных и грамотрицательных бактерий, т. е. предотвращающие развитие ряда инфекционных заболеваний (брюшного тифа, сальмонеллеза, бруцеллеза, менингококковой инфекции, хламидиоза и др.). Широкий спектр противомикробной активности, а также относительно невысокая стоимость делает антибиотики данной группы широко востребованными в ветеринарной практике [14, 15]. При добавлении амфениколов в корм происходит снижение падежа молодняка, ускорение процессов роста и развития, а также сокращение объема потребления кормов на 5–10 % [16].

Молоко является важным источником питательных веществ и популярной натуральной здоровой пищей как для людей, так и для животных [17]. Востребованность молока и молочных продуктов обусловлена большим содержанием высокобиодоступных основных питательных веществ, которые важны в рационе человека [18]. Производство молочной продукции быстро расширяется в развивающихся странах в связи с ростом населения. По результатам анализа статистических данных количество потребленного молока за 2020 г. составило примерно 903 млн т в мире [19, 20]. Так как амфениколы являются часто используемыми антибиотиками для лечения мастита у молочного скота, то высок риск его попадания в продукты животноводства [21].

Попадание остаточных количеств антибиотиков данной группы в организм человека через употребление молока и молочной продукции имеет ряд серьезных последствий для здоровья. Это дисбактериоз кишечника, нарушение обмена веществ, возникновение аллергических реакций, в том числе анафилактический шок, а также мутагенный, токсический, тератогенный и канцерогенный эффекты на организм потребителя и др. [22, 23]. Также попадание группы амфениколы с молоком и молочными продуктами в организм человека стимулирует рост устойчивости микроорганизмов к ним.

Антибиотикорезистентность стала одной из основных международных проблем современного здравоохранения. Ежегодно в Европейских странах умирает более 25 000 человек из-за инфекций, вызванных антибиотикорезистентными бактериями [10]. Появление возбудителей инфекционных заболеваний, устойчивых к действию антибиотиков, ухудшает течение болезни и увеличивает затраты на лечение. Такие заболевания трудно или даже невозможно вылечить [23–25]. В дополнение к устойчивости к антибиотикам необходимо также учитывать технологическое воздействие в процессе производства молока и молочных продуктов, поскольку амфениколы, как и другие противомикробные препараты, могут ингибировать заквасочные культуры, вызывая нарушения в процессе созревания сыров [26, 27]. Поэтому необходим строгий контроль содержания антибиотиков в пищевых продуктах животного происхождения.

Разработано множество технологий для анализа остатков амфениколов в молоке и молочной продукции: от быстрого скрининга до подтверждающих методов. Методы быстрого скрининга включают иммунологические методы и методы, основанные на использовании биосенсоров. Подтверждающие методы анализа – газовая и жидкостная хроматография, методы капиллярного электрофореза. Часто для определения антибиотиков используются хроматографические методы анализа [28]. Преимуществом данных методов является их высокая чувствительность и специфичность. Однако они характеризуются большой длительностью анализа. Также в процессе пробоподготовки анализируемого компонента есть возможность потерь определяемого вещества, которая приводит к недостаточно точным результатам. Поэтому важна разработка нового подхода к определению антибиотиков методом жидкостной хроматографии для их простого и быстрого скрининга в продуктах животного происхождения.

Цель работы – проведение анализа научной литературы, описывающей современные достижения в области идентификации остаточных следов антибиотиков группы амфениколы в молоке и молочной продукции.

Для достижения поставленной цели реализованы следующие задачи: проанализированы основные достоинства и недостатки современных методов определения остаточного количества амфениколов в молоке и молочной продукции; систематизированы полученные данные для дальнейшего совершенствования и разработки новых методов выделения и идентификации загрязняющих веществ из молока.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является общедоступная научная литература, посвященная способам концентрирования, выделения и идентификации

остаточного количества антибиотиков в молоке и молочной продукции, а также анализу скрининговых и инструментальных методов анализа антибиотиков группы амфениколы. Поиск научной литературы осуществлялся в следующих информационных базах данных: PubMed от National Center for Biotechnology Information (США), Scopus и ScienceDirect от Elsevier, на платформе Web of Science и в отечественной электронной библиотеке eLibrary.Ru. Обзор включал анализ исследовательских, концептуальных и обзорных публикаций, соответствующих тематике запроса, исключая главы из книг, материалы конференций, сборники трудов и т. д. Также анализировались общедоступные отчеты аналитических компаний Shimadzu и Agilent Technology. Глубина поиска составила 6 лет, язык поиска – английский и русский.

В рамках данной работы проведен аналитический обзор 56 зарубежных и отечественных научных литературных источников.

Результаты и их обсуждение

Антибиотики группы амфениколы (рис. 1), к которой относятся тиамфеникол, флорфеникол, флорфеникол амин и наиболее распространенный хлорамфеникол, широко используются в ветеринарии для лечения инфекций у животных из-за их широкого спектра действия против большинства патогенов, а также доступности и невысокой стоимости [29, 30]. Амфениколы эффективны против грамположительных и грамотрицательных бактерий (*Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp.), особенно против анаэробных организмов (*Neisseria gonorrhoeae*, *Neisseria meningitidis*, *Escherichia coli*, *Haemophilus influenzae*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Klebsiella* spp., *Serratia* spp., *Yersinia* spp., *Proteus* spp., *Rickettsia* spp.). При

чрезмерном и неконтролируемом употреблении антибиотиков в организме человека возникают следующие серьезные побочные эффекты: заболевания сердечно-сосудистой системы, костного мозга, возникновение эмбриотоксичности и способности к возникновению лейкемии, апластической анемии и синдрома серого ребенка (синдром Грея). Поэтому во многих странах, включая США, Канаду и Китай, запрещено использование амфениколов у животных, которые участвуют в производстве пищевых продуктов [31–33].

Примерно в 64 % от всех проанализированных работ, описанных в научной литературе с 2017 по 2021 гг., хлорамфеникол (представитель группы амфениколов) используется в качестве основного антибиотика в области сельского хозяйства. В ходе анализа литературных данных установлено, что наиболее часто анализируемой пищевой матрицей для определения антибиотиков является молоко и продукты его переработки. За ними следуют мясо и мясные продукты, рыба, морепродукты и мед [34].

Методы, используемые для определения антибактериальных препаратов в молоке, подразделяются на две основные группы. Первая состоит из методов скрининга, а вторая из подтверждающих методов.

В качестве перспективных скрининг-методов определения амфениколов в молоке и молочной продукции используют различные биосенсоры. Они позволяют обнаруживать конкретные соединения в сложных структурах (в частности в молоке). Биосенсоры представляют собой устройство, в котором используются определенные биологические элементы (такие как ферменты, антитела и аптамеры) и/или биохимические реакции для обнаружения конкретных химических аналитов посредством

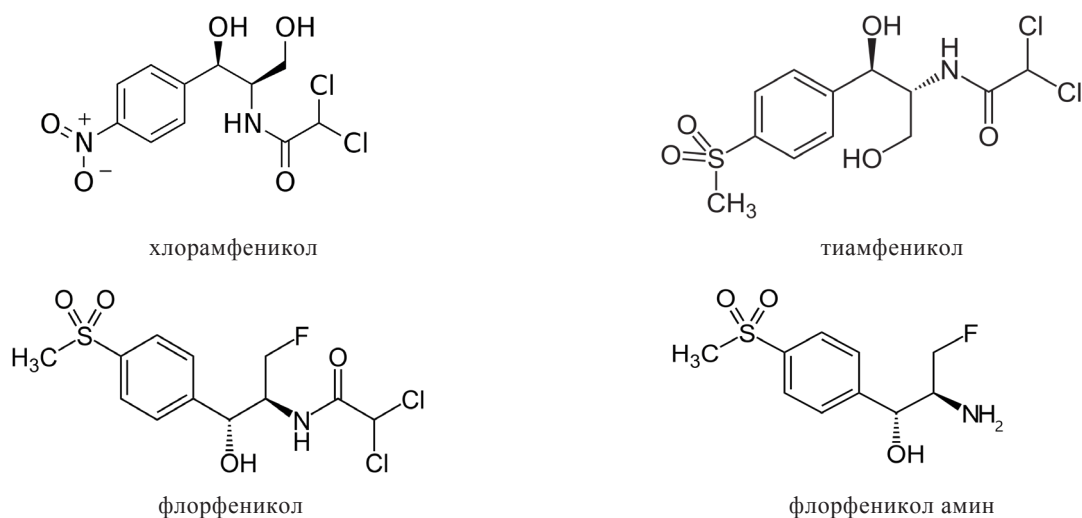


Рисунок 1. Структурное строение антибиотиков группы амфениколы

Figure 1. Structural structure of amphenicol antibiotics

количественной оценки оптических, тепловых, электрических или пьезоэлектрических сигналов [34–36].

Одним из современных типов биосенсоров являются биосенсоры на основе аптамеров (аптасенсоры), которые представляют собой эффективные сенсорные платформы для мониторинга амфениколов в продуктах животного происхождения (в т. ч. в молоке и молочной продукции). Существующие аптасенсоры амфениколов можно разделить на две основные категории: оптические и электрохимические [37, 38].

Оптические аптасенсоры продемонстрировали прогресс из-за своих важных характеристик, включая высокую чувствительность, селективность и быстрое реагирование без необходимости в сложных аналитических инструментах [39, 40]. Колориметрический, флуоресцентный, хемилюминесцентный и иммуноферментный анализ – это технические методы, применяемые для изготовления оптических аптасенсоров. Колориметрические аптасенсоры, обладающие потенциалом для анализа невооруженным глазом, считаются простейшим подходом к зондированию, который использует свойство агрегации, индуцированной солью и наночастицами золота. Изготовленные колориметрические аптасенсоры подходят для обнаружения «на месте», поскольку не требуются интеркалирующие красители и флуоресцентные метки [41, 42]. Среди оптических методов метод флуоресценции эффективен для создания аптасенсоров с максимальной способностью обнаружения амфениколов, вплоть до уровня пикомолей, с использованием квантовых точек и наночастиц [43].

Недавний прогресс в области электрохимических аптасенсоров продемонстрировал их способность количественно определять хлорамфеникол с высокой чувствительностью. Среди электрохимических аптасенсоров – вольтамперометрические и электрохемилюминесцентные датчики, которые могут определять значения хлорамфеникола на уровне фемтомолей. Таким образом, вольтамперометрия и методы электрохемилюминесценции проявляют большой потенциал для создания сверхчувствительных аптасенсоров для обнаружения хлорамфеникола. Аптасенсоры на электрохимической основе обладают более низким пределом обнаружения и более высокой способностью обнаруживать хлорамфеникол по сравнению с оптическими [44, 45].

Известны другие исследования в области аптасенсоров. Y. Duan и др. предложили методу идентификации хлорамфеникола в молоке с помощью специфичного аптамера и флуоресцентной количественной ПЦР в режиме реального времени (qRT-PCR) [34]. Суть метода заключается в гибридизации хлорамфеникол-

специфического аптамера с модифицированным биотином комплементарным зондом и дальнейшей его иммобилизацией на конъюгированных со стрептавидином магнитных шариках. При наличии хлорамфениколов в исследуемом образце полученный аптамер связывается с ними, образуя структуру шпильки, а затем высвобождается из магнитных шариков и детектируется с помощью qRT-PCR. Для определения оптимальных условий обнаружения хлорамфениколов анализировали влияние таких факторов, как длина цепи зонда, концентрация аптамера, концентрация NaCl и время инкубации. При оптимальных условиях разработанная методика отличалась высокой чувствительностью и позволяла определить хлорамфениколы от 0,1 до 20,0 нг/мл. Данная методика проявила высокую селективность в отношении структурных аналогов хлорамфеникола, таких как тиамфениколы и флорфениколы [34].

Ученые из Ирана представили флуоресцентный метод определения следов хлорамфеникола в молоке и меде с помощью оптического датчика на основе наноструктурированного полимера с молекулярным отпечатком, нанесенного на люминесцентный циркониевый металлоорганический каркас. Данный метод позволил определить концентрацию хлорамфеникола в диапазоне от 0,16 до 161,56 мкг/л с пределом обнаружения 0,013 мкг/л [46].

Несмотря на уникальные преимущества аптасенсоров на оптической и электрохимической основе, недостатком данного скрининг-метода является их длительное изготовление и доступность.

Вторая группа методов определения амфениколов включает подтверждающие методы, т. е. методы, основанные на количественном определении. Для количественного определения амфениколов в молоке, как и в других продуктах животного происхождения, необходимо проведение двух основных этапов: подготовка образцов с последующим разделением и обнаружение антибиотиков в подготовленных пробах. Подготовка проб – важный этап всего аналитического процесса, т. к. во время пробоподготовки важно правильно извлечь и сконцентрировать анализируемые вещества, а также удалить как можно больше загрязняющих соединений [47, 48]. Поэтому современные исследования связаны не только с постановкой метода на приборе и оптимизацией детекторов, но и с разработкой новых способов очистки и выделения целевого компонента на этапе пробоподготовки.

В литературе, опубликованной с 2017 по 2021 гг., в качестве востребованного и эффективного количественного метода оценки антибиотиков в продукции использовалась высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Ее востребованность для анализа амфениколов при исследовании молока и молочных продуктов объясняется возможностью одновременного

анализа нескольких остатков в образце за короткое время. ВЭЖХ получает широкое применение в лабораториях по контролю за качеством в пищевом производстве [49, 50]. Для определения остаточного количества хлорамфеникола в образцах молока в работе L. R. Guidi и др. представлена методология твердофазной магнитной экстракции (MSPE) в сочетании с методикой ВЭЖХ с диодной матрицей (HPLC-DAD) [51]. В качестве твердофазного сорбента были синтезированы и подробно охарактеризованы магнитные наночастицы, покрытые нановолокном, с использованием полевой эмиссионной сканирующей электронной микроскопии (FE-SEM), рамановской спектроскопии и анализа порошковой рентгеновской дифракции (XRD). Экспериментальные параметры метода MSPE для обоих анализов антибиотиков были систематически исследованы и оптимизированы. После MSPE для обоих анализов ($R^2 > 0,9954$) был получен линейный диапазон – 10,0–600,0 нг/мл. Предел обнаружения (LODS) для хлорамфеникола составил 3,02 нг/мл. Разработанный метод, основанный на MPSE-HPLC-DAD, был применен к образцам молока для количественного определения остатков антибиотиков. Значения восстановления были найдены в диапазоне 94,6–105,4 % ($n = 3$) при использовании модельного раствора с добавками.

Y. Xie и др. разработали быстрый, простой и эффективный метод одновременного определения трех общих остатков антибиотиков, включая хлорамфеникол в сыром молоке [52]. Метод молекулярного импринтинга в сочетании с твердофазной экстракцией был использован для предварительной обработки тестовых образцов, а затем одновременно обнаружен с помощью ВЭЖХ. Весь процесс, включая только одну стадию предварительной обработки, позволил обнаружить всю целевую молекулу с использованием специального метода обогащения и анализа. Восстановление хлорамфеникола составило 72,94–83,57 %. Метод подходил для рутинного анализа, а экспериментальная процедура была упрощена. Время обнаружения значительно сократилось. Этот метод показал широкую перспективу применения для обнаружения остатков антибиотиков в сыром молоке [52].

В работе Е. Ратуга и К. Kwiatek разработан чувствительный и надежный метод с использованием жидкостной хроматографии с tandemной масс-спектрометрией отрицательной ионизацией электрораспылением для одновременного определения следовых количеств хлорамфеникола, флорфеникола и тиамфеникола [53]. Аналиты извлекали этилацетатом. Далее этилацетат испаряли, остаток повторно суспендировали в воде высокой степени очистки, обезжиривали n-гексаном, а твердофазную экстракцию проводили с помощью картриджей

BondELUT C18. Сепарацию проводили на фенильной колонке C6 с подвижной фазой, состоящей из 0,1 % муравьиной кислоты в воде высокой степени очистки и ацетонитрила. Отклик детектора был линейным в диапазоне испытанных концентраций от 100 до 1000 мкг/кг. Значения извлечения для всех аналитов были выше 79 % с RSD для повторяемости и воспроизводимости в диапазонах 4,5–10,9 и 8,4–13,5 % соответственно. Результаты показали, что этот метод эффективен для количественной оценки амфениколов в молоке и молочной продукции.

В работе В. Г. Амелина и др. рассматривался простой способ подготовки образцов и определения антибиотиков амфениколов в пищевых матрицах животного происхождения методом хроматографии – квадруполь-время пролетной масс-спектрометрии [54]. Процесс подготовки проб заключался в экстракции антибиотиков ацетонитрилом и двойным разбавлением полученных экстрактов деионизированной водой. Амфениколы предлагается определять методом добавок путем суммирования площадей сигналов всех зарегистрированных аддуктов.

Простой, дешевый и быстрый метод определения хлорамфеникола представлен в работе T. Śniegocki и др. с использованием метода QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe) [47]. Для качественного подтверждения и количественной оценки остатков хлорамфеникола использовалась система ВЭЖХ-МС/МС. Лучшее разделение (симметричная форма пика и минимальный матричный эффект) и длительное время удерживания САР были оценены с использованием 0,5 % изопропанола в 0,1 % уксусной кислоте в соотношении вода:метанол. Извлечение находилось в диапазоне от 93,1 до 108,0 % при повторяемости менее 9,2 % и внутрилабораторной воспроизводимости менее 13,1 %.

В исследовании M. Britzi и F. Schwartsburd описывается определение хлорамфеникола в коровьем и овечьем молоке с использованием жидкостной хроматографии с tandemной масс-спектрометрией [55]. Метод позволяет обнаруживать и количественно определять антибиотик при его максимальных пределах остатков (0,3 мкг/кг). Было обнаружено, что добавление аскорбиновой кислоты в образцы молока перед стадией экстракции имеет решающее значение для воспроизводимости и интенсивности. Метод состоит из одной стадии экстракции ацетонитрилом и коммерчески доступной смесью солей с последующим выпариванием надосадочной жидкости и восстановлением. Метод прошел валидацию в соответствии с требованиями Решения Комиссии ЕС 2002/657/ЕС. Точность метода находилась в диапазоне 89–108 %, а коэффициенты вариации оценки точности изменялись от 3 до 16 %.

Группой ученых из Китая был разработан метод, основанный на сверхэффективной жидкостной хроматографии с tandemной масс-спектрометрией

в сочетании с твердофазной экстракцией для определения запрещенных ветеринарных препаратов [56]. Основные факторы, влияющие на отклик, извлечение и чувствительность метода, такие как тип и значения pH экстракционного растворителя, разбавляющий раствор для аналитов, тип хроматографической колонки, а также тип и доля подвижной фазы, были оптимизированы во время предварительной обработки проб и приборного анализа. Образцы гидролизовали и диспергировали в 0,1 моль/л фосфатных буферных растворах (pH 9,0) и экстрагировали ацетонитрилом. Экстракт дополнительно экстрагировали этилацетатом. После центрифугирования супернатант этилацетат концентрировали почти досуха в азоте при температуре 40 °С. Остаток растворяли в 0,3 мл метанола с последующим добавлением 5,7 мл раствора фосфатного буфера. После встряхивания растворы очищали и обогащали на колонке Oasis HLB SPE. Целевые аналиты разделяли на хроматографической колонке ACQUITY UPLC BEH C18 (100×2,1 мм, 1,7 мкм) при температуре колонки 40 °С со скоростью потока 0,4 мл/мин. Объем инъекции составлял 10 мкл. Градиентное элюирование проводили метанолом и 0,1 % водным раствором муравьиной кислоты в качестве подвижных фаз. Мониторинг множественных реакций (MRM) проводили в режимах положительной и отрицательной ионизации электрораспылением. Для количественного анализа использовали метод изотопного внутреннего стандарта. В оптимальных условиях каждый аналит показал хорошую линейную зависимость в каждом диапазоне, а коэффициент корреляции (R^2) был больше 0,99. Пределы обнаружения (LOD) варьировались от 0,050 до 0,50 мкг/кг, а пределы количественного определения (LOQ) – от 0,20 до 1,5 мкг/кг. Описанный метод прост в использовании, чувствителен и точен.

На основании проведенного литературного анализа можно сделать вывод о том, что ВЭЖХ широко используется для анализа хлорамфеникола в пищевых матрицах – молоке и молочной продукции. Это избирательная и эффективная система для обнаружения остаточной концентрации амфениколов. Однако, несмотря на все положительные качества рассмотренных методов, недостатком остается ограниченная доступность аналитического оборудования (хроматографов) в лабораториях из-за высокой стоимости и нехватки специализированного персонала для его эксплуатации.

Выводы

Анализ научных публикаций по исследуемой теме показал, что молоко и продукты его переработки представляют собой сложные матрицы, требующие специальных этапов подготовки проб

для анализа содержания в них антибиотиков. В результате этого высок риск изменения пределов обнаружения веществ, их качественного определения и селективности. Описаны основные методы определения амфениколов и их метаболитов в молоке: качественные (скрининг-методы) и количественные (ВЭЖХ).

Наиболее перспективными скрининг-методами амфениколов в молоке и продуктах его переработки являются аптасенсоры. Они могут распознавать широкий спектр мишеней с высоким сродством. Пределы детализации большинства сконструированных аптасенсоров показали, что они могут обнаруживать низкие уровни амфениколов (ниже установленного значения предельно-допустимого уровня). Однако некоторые проблемы все еще существуют. Например, селективность и производительность в зависимости от состояния образца (pH, температура, ионная сила и вязкость).

Установлено, что востребованным количественным методом для разделения и обнаружения амфениколов в пищевых продуктах является жидкостная хроматография с tandemной масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС).

Исследования в области определения остаточного количества антибиотиков в продуктах животноводства направлены на процесс оптимизации пробоподготовки. Следует разрабатывать методики, которые позволят сократить этап очистки и обеспечить выход продукта и степень его очистки. Очевидна необходимость в усовершенствованных быстрых и чувствительных методах непрерывного мониторинга уровней амфениколов в пищевых матрицах.

Критерии авторства

Авторы в равной степени участвовали в подготовке и написании статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. da Cunha BR, Fonseca LP, Calado CRC. Antibiotic discovery: Where have we come from, where do we go? *Antibiotics*. 2019;8(2). <https://doi.org/10.3390/antibiotics8020045>
2. Low CX, Tan LT-H, Mutalib N-SA, Pusparajah P, Goh B-H, Chan K-G, et al. Unveiling the impact of antibiotics and alternative methods for animal husbandry: A review. *Antibiotics*. 2020;10(5). <https://doi.org/10.3390/antibiotics10050578>
3. Gould K. Antibiotics: From prehistory to the present day. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 2016;71(3):572–575. <https://doi.org/10.1093/jac/dkv484>
4. Pham JV, Yilma MA, Feliz A, Majid MT, Maffetone N, Walker JR, et al. A review of the microbial production of bioactive natural products and biologics. *Frontiers in Microbiology*. 2019;10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01404>
5. Jukes TH. Antibiotics in nutrition. New York: Medical Encyclopedia, 1955. 128 p.
6. Bacanlı M, Basaran N. Importance of antibiotic residues in animal food. *Food and Chemical Toxicology*. 2019;125:462–466. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.01.033>
7. Baynes RE, Dedonder K, Kissell L, Mzyk D, Marmulak T, Smith G, et al. Health concerns and management of select veterinary drug. *Food and Chemical Toxicology*. 2016;88:112–122. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.12.020>
8. Hutchings M, Truman A, Wilkinson B. Antibiotics: past, present and future. *Current Opinion in Microbiology*. 2019;51:72–80. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2019.10.008>
9. Mackenzie LE. Antibiotics in agriculture: the retail customer perspective. *Australian Veterinary Journal*. 2019;97(8):292–294. <https://doi.org/10.1111/avj.12822>
10. Shul'ga NN, Shul'ga IS, Playshak LP. Antibiotics in animal husbandry – ways to solve the problem. *Trends in the Development of Science and Education*. 2018;(35–4):52–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.18411/lj-28-02-2018-68>
11. Mehl A, Schmidt LJ, Schmidt L, Morlock GE. High-throughput planar solid-phase extraction coupled to orbitrap high-resolution mass spectrometry via the autoTLC-MS interface for screening of 66 multi-class antibiotic residues in food of animal origin. *Food Chemistry*. 2021;351. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129211>
12. Panin AN, Komarov AA, Kulikovskiy AV, Makarov DA. Problem of antimicrobial resistance of zoonotic bacteria. *Veterinary, Zootechnics and Biotechnology*. 2017;(5):18–24. (In Russ.).
- Проблема резистентности к антибиотикам возбудителей болезней, общих для человека и животных / А. Н. Панин [и др.] // Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2017. № 5. С. 18–24.
13. Yang Y, Babich OO, Sukhikh SA, Zimina MI, Milentyeva IS. Identification of total aromas of plant protein sources. *Foods and Raw Materials*. 2020;8(2):377–384. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-2-377-384>
14. Pastor-Belda M, Campillo N, Arroyo-Manzanares N, Hernández-Córdoba M, Viñas P. Determination of amphenicol antibiotics and their glucuronide metabolites in urine samples using liquid chromatography with quadrupole time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*. 2020;1146. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2020.122122>
15. Koutsoumanis K, Allende A, Alvarez-Ordóñez A, Bolton D, Bover-Cid S, Chemaly M, et al. Maximum levels of cross-contamination for 24 antimicrobial active substances in non-target feed. Part 7: Amphenicols: florfenicol and thiamphenicol. *EFSA Journal*. 2021;19(10). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6859>
16. Galyautdinova GG, Malanov AV, Balymova MV, Mukhammetshina AG, Egorov VI. Indication of antibiotics of zincbacetracine in feed by HPLC method. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2020;242(2):36–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.31588/2413-4201-1883-242-2-36-40>
17. Sharma C, Rokana N, Chandra M, Singh BP, Gulhane RD, Gill JPS, et al. Antimicrobial resistance: Its surveillance, impact, and alternative management strategies in dairy animals. *Frontiers in Veterinary Science*. 2018;4. <https://doi.org/10.3389/fvets.2017.00237>
18. Alhaji NB, Aliyu MB, Ghali-Mohammed I, Odetokun IA. Survey on antimicrobial usage in local dairy cows in North-central Nigeria: Drivers for misuse and public health threats. *PLoS ONE*. 2019;14(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224949>
19. Chiesa LM, DeCastelli L, Nobile M, Martucci F, Mosconi G, Fontana M, et al. Analysis of antibiotic residues in raw bovine milk and their impact toward food safety and on milk starter cultures in cheese-making process. *LWT*. 2020;131. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109783>
20. Fedorova MA. The state of the milk and dairy products market abroad and the impact of the coronavirus pandemic on it. *Problems of modern agricultural science: Proceedings of the international scientific conference*; 2021; Krasnoyarsk. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State Agrarian University; 2021. p. 327–375. (In Russ.).
- Федорова М. А. Состояние рынка молока и молочной продукции за рубежом и влияние на него пандемии коронавируса // Проблемы современной аграрной науки: материалы международной научной конференции. Красноярск, 2021. С. 372–375.

21. Galkin AV, Trepalina EA. Identifying pathogens of mastitis and their sensitivity to antibiotics. Efficient Animal Husbandry. 2017;137(7):22–23. (In Russ.).
- Галкин А. В., Трепалина Е. А. О выявлении возбудителей мастита и их чувствительности к антибиотикам // Эффективное животноводство. 2017. Т. 137. № 7. С. 22–23.
22. Potekhin AV, Rusaleyev VS. Monitoring of antibiotic resistance of *Acinobacillus pleuropneumoniae* isolated in the Russian Federation in 2012–2014. 2016;16(1):24–29. (In Russ.).
- Потехин АВ, Русалеев ВС. Мониторинг антибиотикорезистентности изолятов *Actinobacillus pleuropneumoniae*, выделенных в Российской Федерации в 2012–2014 гг. // Ветеринария сегодня. 2016. Т. 16. № 1. Р. 24–29.
23. Shul'ga NN, Shul'ga IS, Plavshak LP. Antibiotics against humans. BIO. 2019;226(7):6–12. (In Russ.).
- Шульга Н. Н., Шульга И. С., Плавшак Л. П. Антибиотики против человека // БИО. 2019. Т. 226. № 7. С. 6–12.
24. Ghosh D, Veeraraghavan B, Elangovan R, Vivekanandan P. Antibiotic resistance and epigenetics: More to it than meets the eye. Antimicrobial Agents and Chemotherapy. 2020;64(2). <https://doi.org/10.1128/AAC.02225-19>
25. Huemer M, Mairpady Shambat S, Brugger SD, Zinkernagel AS. Antibiotic resistance and persistence – Implications for human health and treatment perspectives. EMBO Reports. 2020;21(12). <https://doi.org/10.15252/embr.202051034>
26. Rysanova RM, Kokanov SK, Palamarchuk VV. Monitoring the degree of contamination of milk by residual quantities of antibiotics manufacturers Kostanay region. Agricultural Technologies. 2019;1(1):33–41. (In Russ.).
- Рыщанова Р. М., Коканов С. К., Паламарчук В. В. Мониторинг степени загрязнения молока остаточными количествами антибиотиков производителей Костанайской области // Сельскохозяйственные технологии. 2019. Т. 1. № 1. С. 33–41.
27. Quintanilla P, Beltrán MC, Molina A, Escriche I, Molina MP. Characteristics of ripened Tronchón cheese from raw goat milk containing legally admissible amounts of antibiotics. Journal of Dairy Science. 2019;102(4):2941–2953. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15532>
28. Akter MS, Islam R, Shueb M, Nahar N. Determination of chloramphenicol in meat samples using liquid chromatography–tandem mass spectrometry. Food Science and Nutrition. 2021;9(10):5670–5675. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2530>
29. Rezaee M, Khalilian E. Application of ultrasound-assisted extraction followed by solid-phase extraction followed by dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of chloramphenicol in chicken meat. Food Analytical Methods. 2018;11(3):759–767. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1048-2>
30. Wu S-W, Ko J-L, Liu B-H, Yu F-Y. A sensitive two-analyte immunochromatographic strip for simultaneously detecting aflatoxin M1 and chloramphenicol in milk. Toxins. 2020;12(10). <https://doi.org/10.3390/toxins12100637>
31. Sun Y, Wei T, Jiang M, Xu L, Xu Z. Voltammetric sensor for chloramphenicol determination based on a dual signal enhancement strategy with ordered mesoporous carbon@polydopamine and β -cyclodextrin. Sensors and Actuators, B: Chemical. 2018;255:2155–2162. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2017.09.016>
32. Doğan YN, Pamuk Ş, Gürler Z. Chloramphenicol and sulfonamide residues in sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fish from aquaculture farm. Environmental Science and Pollution Research. 2020;27(33):41248–41252. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09942-3>
33. Zhao M, Li X, Zhang Y, Wang Y, Wang B, Zheng L, et al. Rapid quantitative detection of chloramphenicol in milk by microfluidic immunoassay. Food Chemistry. 2021;339. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127857>
34. Duan Y, Wang L, Gao Z, Wang H, Zhang H, Li H. An aptamer-based effective method for highly sensitive detection of chloramphenicol residues in animal-sourced food using real-time fluorescent quantitative PCR. Talanta. 2017;165:671–676. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.12.090>
35. Ma P, Sun Y, Khan IM, Gu QH, Yue L, Wang Z. Structure-switching fluorescence aptasensor for sensitive detection of chloramphenicol. Microchimica Acta. 2020;187(9). <https://doi.org/10.1007/s00604-020-04471-9>
36. Zhang Z, Oni O, Liu J. New insights into a classic aptamer: binding sites, cooperativity and more sensitive adenosine detection. Nucleic Acids Research. 2017;45(13):7593–7601. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx517>
37. Ong JJ, Pollard TD, Goyanes A, Gaisford S, Elbadawi M, Basit AW. Optical biosensors – Illuminating the path to personalized drug dosing. Biosensors and Bioelectronics. 2021;188. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2021.113331>
38. Mehlhorn A, Rahimi P, Joseph Y. Aptamer-based biosensors for antibiotic detection: A review. Biosensors. 2018;8(2). <https://doi.org/10.3390/bios8020054>
39. Yan C, Zhang J, Yao L, Xue F, Lu J, Li B, et al. Aptamer-mediated colorimetric method for rapid and sensitive detection of chloramphenicol in food. Food Chemistry. 2018;260:208–212. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.014>
40. Sadeghi AS, Ansari N, Ramezani M, Abnous K, Mohsenzadeh M, Taghdisi SM, et al. Optical and electrochemical aptasensors for the detection of amphenicols. Biosensors and Bioelectronics. 2018;118:137–152. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2018.07.045>

41. Abnous K, Danesh NM, Ramezani M, Emrani AS, Taghdisi SM. A novel colorimetric sandwich aptasensor based on an indirect competitive enzyme-free method for ultrasensitive detection of chloramphenicol. *Biosensors and Bioelectronics*. 2016;78:80–86. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2015.11.028>
42. Zhu J-H, Feng Y-G, Wang A-J, Mei L-P, Luo X, Feng J-J. A signal-on photoelectrochemical aptasensor for chloramphenicol assay based on 3D self-supporting AgI/Ag/BiOI Z-scheme heterojunction arrays. *Biosensors and Bioelectronics*. 2021;181. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2021.113158>
43. Sa-nguanprang S, Phuruangrat A, Bunkoeda O. An optosensor based on a hybrid sensing probe of mesoporous carbon and quantum dots embedded in imprinted polymer for ultrasensitive detection of thiamphenicol in milk. *Spectrochimica Acta – Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2022;264. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.120324>
44. Khoshbin Z, Verdian A, Housaindokht MR, Izadyar M, Rouhbakhsh Z. Aptasensors as the future of antibiotics test kits-a case study of the aptamer application in the chloramphenicol detection. *Biosensors and Bioelectronics*. 2018;122:263–283. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2018.09.060>
45. Rizwan M, Mohd-Naim NF, Ahmed MU. Trends and advances in electrochemiluminescence nanobiosensors. *Sensors*. 2018;18(1). <https://doi.org/10.3390/s18010166>
46. Amiripour F, Ghasemi S, Azizi SN. Design of turn-on luminescent sensor based on nanostructured molecularly imprinted polymer-coated zirconium metal–organic framework for selective detection of chloramphenicol residues in milk and honey. *Food Chemistry*. 2021;347. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129034>
47. Śniegocki T, Sell B, Giergiel M, Posyniak A. QuEChERS and HPLC-MS/MS combination for the determination of chloramphenicol in twenty two different matrices. *Molecules*. 2019;24(3). <https://doi.org/10.3390/molecules24030384>
48. Vuran B, Ulusoy HI, Sarp G, Yilmaz E, Morgül U, Kabir A, et al. Determination of chloramphenicol and tetracycline residues in milk samples by means of nanofiber coated magnetic particles prior to high-performance liquid chromatography-diode array detection. *Talanta*. 2021;230. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122307>
49. Kikuchi H, Sakai T, Teshima R, Nemoto S, Akiyama H. Total determination of chloramphenicol residues in foods by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*. 2017;230:589–593. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.071>
50. Kurchenko VP, Simonenko ES, Sushynskaya NV, Halavach TN, Petrov AN, Simonenko SV. HPLC identification of mare's milk and its mix with cow's milk. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(2):402–412. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-402-412>.
51. Guidi LR, Tette PAS, Fernandes C, Silva LHM, Gloria MBA. Advances on the chromatographic determination of amphenicols in food. *Talanta*. 2017;162:324–338. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.09.068>
52. Xie Y, Hu Q, Zhao M, Cheng Y, Guo Y, Qian H, et al. Simultaneous determination of erythromycin, tetracycline, and chloramphenicol residue in raw milk by molecularly imprinted polymer mixed with solid-phase extraction. *Food Analytical Methods*. 2018;11(2):374–381. <https://doi.org/10.1007/s12161-017-1008-x>
53. Patyra E, Kwiatek K. Quantification and analysis of trace levels of phenicols in feed by liquid chromatography–mass spectrometry. *Chromatographia*. 2020;83(6):715–723. <https://doi.org/10.1007/s10337-020-03890-3>
54. Amelin VG, Bol'shakov DS. Simultaneous determination of the residual amounts of chloramphenicol and chloramphenicol palmitate in food products using liquid chromatography–mass spectrometry. *Moscow University Chemistry Bulletin*. 2020;61(6):420–428. (In Russ.).
- Амелин В. Г., Большаков Д. С. Одновременное определение остаточного количества хлорамфеникола и хлорамфеникола пальмитата в пищевых продуктах с помощью жидкостной хромато - масс - спектрометрии // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2020. Т. 61. № 6. С. 420–428.
55. Britzi M, Schwartzburd F. Development and validation of a high-throughput method for the determination of eight non-steroidal anti-inflammatory drugs and chloramphenicol in milk, using liquid chromatography-tandem mass spectroscopy. *International Journal of Analytical and Bioanalytical Methods*. 2019;1. <https://doi.org/10.35840/2633-8912/2405>
56. Liu B, Xie J, Zhao Z, Wang X, Shan X. Simultaneous determination of 11 prohibited and restricted veterinary drugs and their metabolites in animal-derived foods by ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry coupled with solid phase extraction. *Chinese Journal of Chromatography*. 2021;39(4):406–414.

Фракционирование сыпучих пищевых продуктов



А. А. Славянский¹, Д. П. Митрошина^{1,*},
В. А. Грибкова¹, А. В. Карамзин²

¹ Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского
(Первый казачий университет), Москва, Россия

² ООО «Агромаш», Москва, Россия

Поступила в редакцию: 14.01.2022

Поступила после рецензирования: 03.02.2022

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: d.mitroshina@mgut.ru

© А. А. Славянский, Д. П. Митрошина,
В. А. Грибкова, А. В. Карамзин, 2022



Аннотация.

Во многих процессах пищевой промышленности используются технологии изготовления, измельчения и разделения порошкообразных материалов. Целью работы является разработка метода и способа расчета процесса классифицирования растворенной в жидкостном объеме порошкообразной полидисперсной субстанции, отличающейся по плотности частиц от плотности жидкости в силовом поле значительной интенсивности.

Объектом исследования является измельченный в шаровой мельнице полидисперсный порошок частиц кристаллического сахара, растворенный в пробном объеме (суспензии) типа сахарного утфеля. Представлены физико-математическая модель задачи, разработка аналитического аппарата по ее решению и метод количественного моделирования процесса выделения из порошка частиц определенного размера путем разделения суспензии в рабочем объеме центробежного сепаратора.

Исходя из классической концепции по диаметру частицы, перемещающейся заданным образом в межтарелочном пространстве барабана сепаратора, вводится понятие текущий критический диаметр частицы. На его базе разработаны формулы расчета, учитывающие дисперсионный состав порошка синтетических зависящих от параметра управления процесса разделения суспензии показателей производительности сепарирующей машины, а именно коэффициентов осветления и уноса. Разработана основанная на альтернативном подходе по минимуму числа этапов проведения процесса фракционирования методика расчета для опытного порошка.

Поставлена и исследована проблема расчета процесса выделения из заданного по гранулометрическому составу порошка фракции частиц целевого размера путем обработки порошка в центробежном силовом поле. Разработанная методика расчета, независимо от размера частиц тонко- и среднedisперсного диапазона, может быть эффективно реализована при проведении количественного анализа процесса фракционирования в рабочем объеме тарельчатого сепаратора-разделителя.

Ключевые слова. Затравка, фракционирование, центробежный сепаратор, тарелки, суспензия, седиментация

Для цитирования: Фракционирование сыпучих пищевых продуктов / А. А. Славянский [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 89–97. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-89-97>

Fractionation of Bulk Food Products

Anatoliy A. Slavyanskiy¹, Daria P. Mitroshina^{1,*},
Vera A. Gribkova¹, Anatoly V. Karamzin²

¹ K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University), Moscow, Russia

² LLC Agromash, Moscow, Russia

Received: 14.01.2022

Revised: 03.02.2022

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: d.mitroshina@mgutm.ru

© A.A. Slavyanskiy, D.P. Mitroshina, V.A. Gribkova,
A.V. Karamzin, 2022



Abstract.

Powders are part of many food products, which makes grinding an important food industry process. The research objective was to develop a new process of separating a polydisperse powder that differs in particle density from the liquid it is dissolved in. The study featured polydisperse sugar powder crushed in a ball mill and dissolved in sugar wafer suspension. The article introduces a physical and mathematical model of the process and a method for quantitative modeling of the process of separating particles from powder by centrifuging the suspension.

The research was based on the classical concept of the diameter of a particle moving in a predetermined manner in the inter-barrel space of the separator drum. The authors developed a new concept of the current critical particle diameter, which they calculated from the dispersion composition of the powder synthetic indicators, the control parameter of the suspension separation process, and the performance of the separating machine, e.g. coefficients of clarification and loss factor. The study resulted in a new calculation method with fewer fractionation stages.

The authors calculated the separation of targeted particles from a granulometric composition by centrifuging the powder. The calculation method fits any fine and medium-dispersed particle size and can facilitate any quantitative analysis of fractionation processes in a disc separator.

Keywords. Seed, fractionation, centrifugal separator, trays, suspension, sedimentation

For citation: Slavyanskiy AA, Mitroshina DP, Gribkova VA, Karamzin AV. Fractionation of Bulk Food Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):89–97. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-89-97>

Введение

Во многих инновационных процессах химической, пищевой и других смежных отраслях промышленности в производственном потоке сырьевых ресурсов, полуфабрикатов и т. д. используются порошкообразные материалы с частицами определенного размера. Такой важный и зависящий от степени однородности частиц по размеру технологический процесс, как кристаллообразование, определяется дисперсностью инициирующего этот процесс затравочного материала [1].

Чтобы подготовить порошок с заданной областью размера частиц необходимо, с одной стороны, обладать технологией получения взвеси требуемого дисперсионного состава, с другой – располагать для реализации процесса фракционирования обоснованной методикой количественной оценки статистических характеристик порошка при его обработке.

Анализируя состояние рассматриваемого в статье вопроса, следует подчеркнуть, что в различных областях производства основным критерием качества промежуточной и готовой продукции в ряде технологий считают гранулометрический состав и связанные с ним показатели (удельная поверхность, пористость, реакционная способность, глубина химических превращений и т. д.). Поэтому анализ дисперсности является распространенным методом исследований веществ многих технологических процессов.

Относительно рассматриваемого в работе предмета – обработке взвеси – в вопросе морфологии частиц применяется следующая терминология: 1–100 нм – ультрадисперсные порошки; 100 нм – 10 мкм – тонкодисперсные; 10–200 мкм – среднелдисперсные; 200–1000 мкм – грубодисперсные.

Проблеме инициации и особенностям зарождения центров кристаллизации и протекания процесса кристаллообразования в технологии производства

посвящены работы [2–5]. В них в качестве диапазона размеров кристаллов в затравочном материале рекомендуются частицы диаметром 10–25 мкм, т. е. относящиеся к среднedisперсным частицам.

В работе [6] исследуются проблемы разделения и фракционирования слабо концентрированной тонкодисперсной жидкостной системы на центробежном оборудовании различных типов, а также приводятся расчетные зависимости процесса классифицирования по размеру полидисперсной фазы этой системы.

В статье [7] изучаются близкие к поставленной задаче исследования кинетики фракционирования двухфазной сыпучей смеси на установке периодического действия. Полученные таким путем и используемые при обосновании математической модели стохастические коэффициенты (коэффициенты макродиффузии) предлагается применять при расчете процессов разделения смесей на промышленном оборудовании непрерывного действия.

Вопросам разделения и подготовки порошков сложного состава посвящена работа [8]. В этой статье предусматривается проведение процесса разделения смеси в технологической линии по нескольким этапам с предварительно удаленной мелкой фракцией, включающей компоненты низкой плотности. Такую подготовку предлагается осуществлять одновременно с процессом фракционирования, а сепарируемый материал рекомендуется обрабатывать на нескольких машинах или направлять его на повторную обработку. Для большей эффективности работы технологической линии эксплуатируемые на предыдущих этапах машины должны обеспечивать благоприятные условия сепарирования на следующем в цепочке оборудовании.

В работах [9–14] внимание уделено анализу процессов формирования и роста кристаллов в производствах различного назначения.

В работах [15–17] исследованы проблемы разделения и фракционирования слабо концентрированной тонкодисперсной жидкостной системы на центробежном оборудовании различных типов, а также приведены расчетные зависимости процесса классифицирования по размеру полидисперсной фазы этой системы.

Анализ содержания литературных источников показывает, что во многих областях технического и прикладного характера научные вопросы по проблеме фракционирования сыпучих смесей, в том числе для подготовки затравочного материала, являются предметом исследования многих научных и технических специалистов.

Применительно к проблеме технологии процесса кристаллизации в химическом, пищевом и других производствах ряд вопросов нуждается в дальнейшем изучении и углубленном теоретическом анализе.

В статье с методических позиций и по этапам проведения процесса фракционирования обосновывается процедура его протекания и управления. Для этого с целью инициации процесса кристаллообразования в сахарном производстве на основе гомогенизированного по составу затравочного материала предлагается базирующаяся на технологии центробежного разделения гетерогенной жидкостной системы в тарельчатом сепараторе методика реализации процесса фракционирования порошкообразной сахаросодержащей суспензии.

При обосновании расчета этого процесса в качестве исходных данных по гранулометрическому составу применяемого в процессе кристаллизации затравочного материала используются результаты опытных наблюдений [18].

С новых позиций и в рамках проблематики расчета процесса фракционирования затравочной субстанции как концентрированной среднedisперсной суспензии, а также на базе опытных данных по дисперсионному составу представлено (с использованием современных информационных технологий) теоретическое и количественное моделирование этого процесса.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования стала суспензия типа «метастабильный раствор + частицы затравочного материала», твердая фаза которой полидисперсна (диаметр δ). Чтобы выделить из жидкостной смеси частицы с заданной (целевой) крупностью, твердую фазу подвергали процедуре фракционирования, используя центробежный сепаратор.

В качестве основы для проведения пробного объекта исследования был выбран сепаратор марки А1-ОЦМ-5. Конструктивные и режимные параметры машины: номинальная производительность $Q_0 = 5 \text{ м}^3/\text{ч}$; число тарелок $Z = 53$; полуугол конусности тарелки $\alpha = 40^\circ$; минимальный и максимальный диаметр тарелки $d_0 = 0,05 \text{ м}$ и $d_1 = 0,105 \text{ м}$ соответственно ($r_0 = 0,078 \text{ м}$ и $r_1 = 0,163 \text{ м}$); межтарелочный зазор $h = 7 \times 10^{-4} \text{ м}$; угловая скорость ротора $\omega = 650 \text{ с}^{-1}$ (рис. 1) [19]. Параметры суспензии: динамическая вязкость жидкости $\mu = 0,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$; плотность жидкости $\rho = 1450 \text{ кг/м}^3$, твердой фазы $\rho_1 = 1560 \text{ кг/м}^3$; концентрация твердой фазы $c = 0,1$. Размер пробных частиц $\delta_1 = 2 \times 10^{-5} \text{ м}$ и $\delta_2 = 3 \times 10^{-5} \text{ м}$.

Предполагается, что двухфазная жидкостная система с объемной концентрацией с твердой фазы и заданной $f(\delta)$ плотностью ее распределения по крупности равномерно перемешана. Причем плотность ρ_1 твердой фазы превышает плотность ρ жидкости.

Обработывая суспензию в сепарирующей машине, нужно выделить из нее частицы

размером $\delta \in (\delta_1, \delta_2)$, (где δ_1 и δ_2 – наименьший и наибольший диаметр частиц соответственно).

Решение поставленной задачи было проведено, основываясь на используемых в теории разделения гетерогенных жидкостных систем научных положений о движущейся по заданной траектории частицы с критическим диаметром (δ_k), значениях коэффициентов осветления η и уноса ε .

Результаты и их обсуждение

Физический смысл понятия «критический диаметр» заключается в том, что в условиях осаждения твердой фазы в жидкостной системе частицы размером, превышающем δ , при движении крупных частиц по удаленной (поэтому наименее выгодной) траектории в рабочем объеме машины осаждаются раньше, чем частицы размером не более чем $\delta < \delta_k$ (траектория MN частицы диаметром δ_k , рис. 1).

Этот фактор создает предпосылки для организации режима работы сепаратора таким образом, чтобы была обеспечена аккумуляция в осадке частиц размером $\delta \in (\delta_1, \delta_2)$. В соответствии со значениями δ_1 и δ_2 границ целевой области рассматриваются две альтернативные стратегии проведения расчета процесса фракционирования. Среди них, по результатам расчета, выбирается наиболее предпочтительная.

Если в качестве параметра управления процесса принимается расход q суспензии, то формула расчета зависящего от координат z на входе в межтарелочный зазор критического (текущего) диаметра $\delta(z)$ частицы имеет вид [2]:

$$\delta(z) = (1 - c)^{-2} \sqrt{qz/(kh)} \quad (1)$$

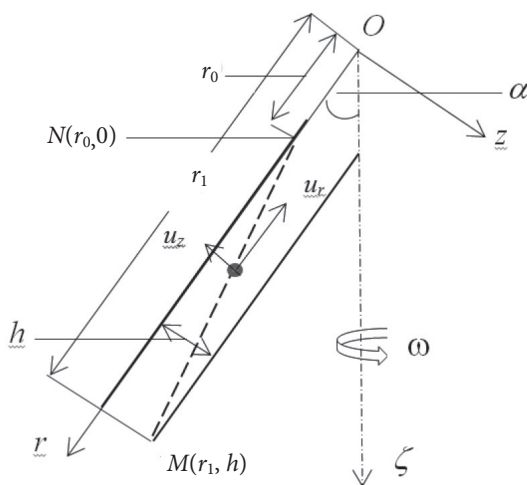


Рисунок 1. Схема обоснования расчета траектории частицы критическим диаметром

Figure 1. Calculating the critical diameter particle trajectory

где

$$k = \pi \omega^2 (R_2^3 - R_1^3) \Delta \sin \alpha \cos \alpha / (27 \mu) \quad (2)$$

c – счетная концентрация твердой фазы суспензии; $q = Q/[(Z - 1) \cdot 3600]$; Q , Z – производительность сепаратора и количество вставок в пакете тарелок соответственно; ω – угловая скорость ротора; R_1 , R_2 – минимальный и максимальный продольный размер тарелки соответственно; $\Delta = \rho_1 - \rho > 0$; α – полуугол конусности тарелки; μ – динамическая вязкость жидкости.

В условиях, когда $z = h$, формула (1) превращается в

$$\delta_{гн} = (1 - c)^{-2} \sqrt{q/k} \quad (3)$$

где $\delta_{гн}$ – имеющее в теории седиментации ключевое значение понятия «глобальный критический диаметр». Оно состоит в том, что в процессе разделения гетерогенной жидкостной системы из различающихся по плотности фаз (суспензии, эмульсии) ее твердая фаза, включающая частицы размером не менее чем δ , уходит в осадок (вместе с некоторой долей частиц меньшим размером).

Если $\Phi(\delta) = 1 - F(\delta)$ – счетная характеристическая функция, $F(\delta) = n(\delta)/n_0$ – счетная функция распределения частиц, $n(\delta)$, n_0 – число частиц размером, не превышающее δ в исходном объеме суспензии, и число частиц в том же объеме соответственно, то при обосновании эффективности процесса разделения исходят из формулы расчета коэффициента осветления [20]:

$$\eta = \frac{1}{h} \int_0^h \Phi(\delta(z)) dz \quad (4)$$

где η – отношение количества осажженных на поверхности тарелки частиц к их содержанию в исходной жидкостной системе; h – толщина межтарелочного зазора; $\delta(z)$ вычисляется по (1).

Формулы (1)–(4) ложатся в основу численного анализа процесса фракционирования порошкообразной субстанции в тарельчатом сепараторе-осветителе.

Если инициируется процесс фракционирования по размеру частиц порошка $\delta \in (\delta_1, \delta_2)$ (где δ_1 , δ_2 – наименьший и наибольший диаметр частиц порошка соответственно), то в таком случае поступают в соответствии с выбором альтернативной стратегии.

I-ая стратегия. Нулевой этап I-ой стратегии. В качестве пробных параметров процесса выбирают δ_2 и δ_1 . Эти значения параметров процесса (например, q или ω) принимают в качестве заданных глобальных критических диаметров. Сначала

$$\delta_{гн2} = \delta_2, \quad (5)$$

а затем

$$\delta_{гн1} = \delta_1 \quad (6)$$

Если в качестве параметра управления процесса выбран расход жидкости q , то на базе формул (2), (3), (5) и (6) имеют

$$q_1 = k(1 - c)^4 \delta_2^2 \quad (7)$$

$$q_2 = k(1 - c)^4 \delta_1^2 \quad (8)$$

Найденное по (7) значение q_1 подставляют в (3), а рассчитанное значение $\delta(z)$ – в (4). Полученный коэффициент осветления дает относительное количество отошедших полностью в осадок частиц размером не менее чем δ_2 вместе с небольшой долей частиц меньшего размера и перемещающихся по более короткому пути, по сравнению с длиной MN , частицы с глобальным диаметром $\delta_{\text{гл2}}$ (рис. 1).

Значение коэффициента осветления на нулевом этапе процесса фракционирования вычисляется в виде:

$$\eta_0 = \frac{1}{h} \int_0^h \Phi_0(\delta(z)) dz \quad (9)$$

где Φ_0 – характеристическая функция распределения частиц порошка в исходной жидкостной системе; $\delta(z)$ задано по (2), q_1 – по (7).

В условиях проведения опыта с расходом q_1 образовавшийся осадок с частицами в количестве $n_1 = n_0 \eta_0$ (где n_0 – количество частиц в исходной суспензии, η_0 определяемый по (9) коэффициент осветления) удаляют из рабочего объема машины для утилизации или последующей переработки.

Относительное количество частиц в фугате, по сравнению с их содержанием в исходной суспензии, снизилось до:

$$(n_0 - n_1)/n_0 = (1 - \eta_0) = \varepsilon_1 \quad (10)$$

где ε_1 – коэффициент уноса – удельное (по отношению к исходному) счетное содержание частиц твердой фазы в фугате.

Первый этап I-ой стратегии. Выполненная на первом этапе I-ой стратегии при расходе $q = q_2$ (8) осветленной и предварительно перемешанной суспензии (фугате) с новой характеристической функцией $\Phi_1(\delta)$ распределения твердой фазы процедура повторяется с расчетом коэффициента осветления η_2 по формуле:

$$\eta_2 = n_2/(n_0 \varepsilon_1) = \frac{1}{h} \int_0^h \Phi_1(\delta(z)) dz \quad (11)$$

где n_2 – число отошедших в осадок частиц размером $\delta_1 < \delta < \delta_2$ (вместе с некоторой долей частиц размером меньшим δ_1); $\varepsilon_1 = 1 - \eta_1$ – определяется по (10); $\Phi_1(\delta)$ – характеристическая функция распределения частиц в фугате.

Коэффициент осветления η_2 определяет относительное (в долях к количеству $(n_0 - n_1) = n_{01}$) число частиц, принадлежащих целевому интервалу $\delta \in (\delta_1, \delta_2)$.

По окончании процесса обработки суспензии осадок высушивают, а полученную субстанцию используют в качестве затравочного материала или повторно обрабатывают.

II-ая стратегия. Нулевой этап II-ой стратегии (обозначения функций Φ и F , параметров η и ε принимаются такими, как и для I-ой стратегии). В качестве пробных параметров процесса выбирают δ_1 и δ_2 , а заданными глобальными критическими диаметрами сначала принимают

$$\delta_{\text{гл1}} = \delta_1, \quad (12)$$

а затем

$$\delta_{\text{гл2}} = \delta_2 \quad (13)$$

По аналогии с (7) и (8) в качестве параметров управления процесса сначала (12)

$$q_1 = k(1 - c)^4 \delta_1^2, \quad (14)$$

а затем, согласно (13),

$$q_2 = k(1 - c)^4 \delta_2^2 \quad (15)$$

Определенное по (14) значение q_1 подставляют в (1), а рассчитанное значение $\delta(z)$ – в (4). Полученное выражение коэффициента осветления дает относительное количество отошедших полностью в осадок частиц размером не менее чем δ_1 .

Значение коэффициента осветления вычисляется в виде

$$\eta_0 = \frac{1}{h} \int_0^h \Phi_0(\delta(z)) dz \quad (16)$$

где Φ_0 – характеристическая функция распределения твердой фазы в исходной жидкостной системе; $\delta(z)$ рассчитывается по (1), q_1 – по (14).

В условиях проведения опыта с расходом q_1 на нулевом этапе образовавшийся в результате обработки осадок с частицами в количестве $n_1 = n_0 \eta_0$ (где n_0 – количество частиц в исходной суспензии, а η_0 определяется по (16)) сохраняют, разбавляя его на первом этапе утфелем или иной нейтральной жидкостью до исходной концентрации. Осветленную суспензию удаляют.

Первый этап II-ой стратегии. На первом этапе обработки при расходе $q = q_2$ (15), обогащая разбавленную суспензию полученным на нулевом этапе осадком, выполненная на предыдущем этапе процедура повторяется. Коэффициент осветления рассчитывался по формуле:

$$n_2 = n_2/(n_0 \varepsilon_1) = \frac{1}{h} \int_0^h \Phi_1(\delta(z)) dz \quad (17)$$

где n_2 – число отошедших в осадок частиц размером; $\delta_1 < \delta < \delta_2$; $\Phi_1(\delta)$ – характеристическая функция распределения частиц в разбавленном утфелем осадком, сохраненным после нулевого этапа обработки.

Получившийся осадок высушивают, используя его в качестве затравочного материала, или повторно обрабатывают.

Сопоставляя результаты проведенного расчета по обеим стратегиям, среди них выбирают наиболее предпочтительную. Например, соответствующую минимальному числу этапов проведения процесса фракционирования.

Если требуется провести более строгое фракционирование, то после выполнения первого этапа его, с новой характеристической функцией, повторяют необходимое число итераций фракционирования.

В качестве определяющих дисперсионное свойство твердых частиц в исходной суспензии принимали заимствованные из статьи Р. С. Решетовой и др. и отраженные на рисунке 2 плотности распределения твердой фазы [18]. Аппроксимацию кривых проводили на базе среды Mathcad с использованием программного продукта *genfit* [21].

В основу расчета функции распределения F (и соответствующей F характеристической функции Φ) как интегральной зависимости от плотности распределения f были выбраны данные рисунка 2, отраженные кривыми 1 (функция распределения F_0) и 4 (характеристическая Φ_0), а также аналогичные им зависимости F_1 и Φ_1 в виде кривых 2 и 5 для фугата, 3 и 6 соответственно (рис. 3).

Пользуясь свойством функции распределения, рассчитывали относительное число $\Delta n/n_0$ частиц размером $\delta \in (\delta_1, \delta_2)$

$$\Delta n/n_0 = F_0(\delta_2) - F_0(\delta_1) = 0,444 \quad (18)$$

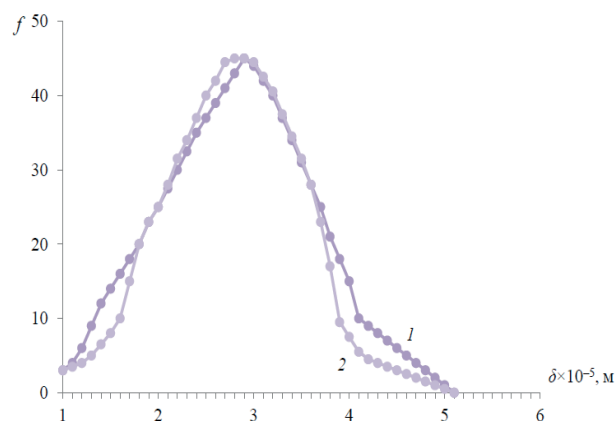


Рисунок 2. Плотность распределения $f(\delta)$ твердой фазы суспензии при измельчении на шаровой мельнице (1 – опытная кривая, 2 – аппроксимационная кривая)

Figure 2. Distribution density $f(\delta)$ of the solid phase in the suspension during grinding in a ball mill (1 – experimental curve, 2 – approximation curve)

Согласно предложенной методике режим работы сепаратора предварительно настраивается на определяемую по (6) производительность q_1 (производительность сепаратора $Q = 7,36 \text{ м}^3/\text{ч}$). Это при обработке суспензии обеспечивало осаждение на нулевом этапе процесса разделения частиц размером больше δ_2 . Определяя коэффициент осветления η , в соответствии с (1), воспользовались зависимостью:

$$\eta_0 = \frac{1}{h} \int_0^h \Phi_0(\delta(z)) dz = \frac{1}{h} \int_0^h \Phi_0[\delta_2(z/h)^{1/2}] dz \quad (19)$$

где в определяемой по (2) формуле $\delta(z)$ полагают $q = q_1$.

В соответствии с (9) и (10) коэффициент уноса $\varepsilon_1 = 0,204$, коэффициент осветления $\eta_1 = 0,796$. При обработке фугата в выражении для $\delta(z)$, согласно (8), принимают $q = q_2$ (производительность сепаратора $Q = 3,27 \text{ м}^3/\text{ч}$), $\delta = \delta_1$. Коэффициент осветления η определяют по формуле (9).

Поскольку в фугате отсутствуют частицы размером $\delta \geq 3 \times 10^{-5} \text{ м}$, то с небольшой погрешностью функция распределения для фугата выбиралась в виде (рис. 3):

$$F_1(\delta) = \begin{cases} F_0(\delta) & \text{при } \delta < 3 \times 10^{-5} \\ 1 & \text{при } \delta \geq 3 \times 10^{-5} \end{cases} \quad (20)$$

где $F_0(\delta)$ представляется кривой 1, соответствующая ей характеристическая функция $\Phi_0(\delta)$ – кривой 4 (рис. 3). Данные для фугата получены на основе определяемой по (20) функции распределения $F_1(\delta)$ и характеристической функции $\Phi_1(\delta)$, показанной кривыми 2 и 5 (рис. 3).

По аналогии с (18) получено

$$\Delta n_{11}/n_1 = F_1(\delta_2) - F_1(\delta_1) = 0,444 \quad (21)$$

Для дальнейшего уточнения результатов расчета фугат, симулируя, подвергали повторной обработке уже с функцией распределения

$$F_2(\delta) = \begin{cases} F_1(\delta) & \text{при } \delta < 2 \times 10^{-5} \\ 1 & \text{при } \delta \geq 2 \times 10^{-5} \end{cases} \quad (22)$$

где $F_1(\delta)$, заданная по (20), представлена кривой 2 (рис. 3).

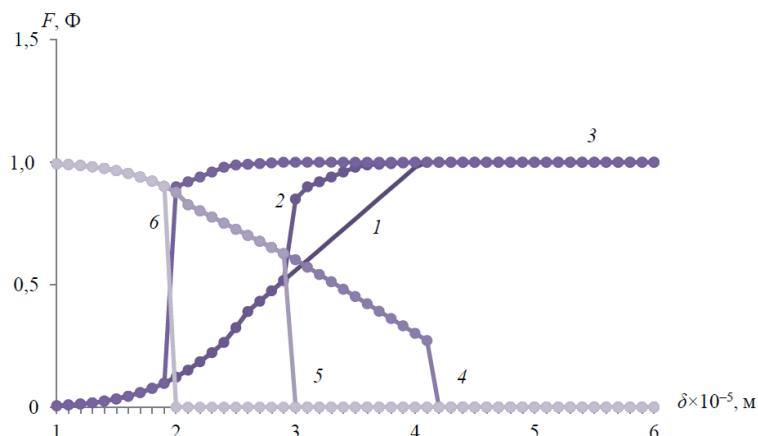


Рисунок 3. Интегральные зависимости счетного распределения частиц по крупности согласно *I*-ой стратегии (функция распределения: 1 – исходное распределение (нулевой этап), 2 – распределение в фугате, 1-ый этап, 3 – распределение в фугате, 2-ой этап; характеристическая функция: 4 – исходное распределение (нулевой этап), 5 – распределение в фугате, 1-ый этап, 6 – распределение в фугате, 2-ой этап)

Figure 3. Integral dependences of the countable particle size distribution according to strategy *I* (distribution function: 1 – initial distribution (stage 0), 2 – distribution in the centrate, stage 1, 3 – distribution in the centrate, stage 2; characteristic function: 4 – initial distribution (stage 0), 5 – distribution in the centrate, stage 1, 6 – distribution in the centrate, stage 2)

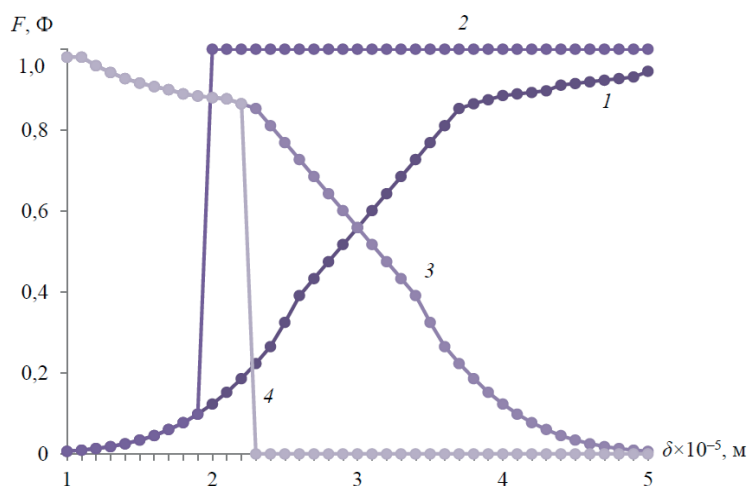


Рисунок 4. Интегральные зависимости счетного распределения частиц по крупности согласно *II*-ой стратегии (функция распределения: 1 – исходное распределение (нулевой этап), 2 – распределение в фугате, 1-ый этап; характеристическая функция: 3 – исходное распределение (нулевой этап), 1-ый этап, 4 – распределение в фугате)

Figure 4. Integral dependences of the size distribution according to strategy *II* (distribution function: 1 – initial distribution (stage 0), 2 – distribution in the centrate, stage 1; characteristic function: 3 – initial distribution (stage 0), stage 1, 4 – distribution in the centrate)

$$\Delta n_{12}/n_2 = F_2(\delta_2) - F_2(\delta_1) = 0,877 \quad (23)$$

где $F_2(\delta)$ определяли, согласно (22), кривой 3 (рис. 3).

В результате двукратной обработки фугата содержание твердой фазы в осадке с частицами размером $\delta \in (\delta_1, \delta_2)$, равномерно распределенных в исходной суспензии, возросло с 44,4 до сконцентрированных 87,7 % (с некоторой долей более мелкой фракции в осадке фугата).

Поскольку проведенное имитационное моделирование процесса фракционирования по *II*-ой

стратегии выявило улучшение очистки целевой фракции с 44,4 до 87,7 % на первом этапе, то авторы пришли к заключению о предпочтительности использования при моделировании этого процесса именно этой стратегии (рис. 4).

Выводы

В пищевой, химической и других отраслях промышленности широко используются порошкообразные материалы. С ростом их использования становится важным создание прогрессивных

технологий и оборудования для классификации частиц целевого назначения. Решение поставленной задачи невозможно без обоснования рациональных режимных, геометрических и физико-механических параметров производственного процесса.

В статье приведены результаты количественного анализа процесса разделения взвешенного в жидкости коллектива частиц в межтарелочном пространстве барабана сепаратора.

Технология поэтапного разделения однородной по составу взвешенной в жидкости твердой фазы может быть эффективно использована для реализации процесса фракционирования частиц в межтарелочном зазоре барабана центробежного сепаратора. Для численного исследования используются данные по гранулометрическому составу порошка, а также вытекающие из особенностей кинематики частицы в межтарелочном потоке характеристик дисперсности взвеси. Полученные результаты расчета могут быть эффективно использованы при обосновании процесса

фракционирования сыпучих материалов на базе сепарирующей центробежной машины.

Критерии авторства

А. А. Славянский руководил проектом. Д. П. Митрошина, В. А. Грибкова и А. В. Карамзин участвовали как исполнители.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

A.A. Slavyanskiy supervised the project. D.P. Mitroshina, V.A. Gribkova, and A.V. Karamzin performed the experiments.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Tkachenko SV, Sheiko TV, Petrenko VV, Anisimova OM, Kuznietsova IV, Khomichak LM, et al. Influence of crystallizing agent on sugar quality. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*. 2020;19(4):457–465. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2020.0867>
2. Arapov DV, Podvalny SL, Tikhomirov SG. Modeling of the dissolution and growth of sugar crystals. *Bulletin of Voronezh State Technical University*. 2019;5(2):29–41. (In Russ.). <https://doi.org/10.25987/VSTU.2019.15.2.004>
3. Belyaeva LI, Ostapenko AV, Labusowa VN, Sysoeva TI. The state of the I crystallization massecuite food system with the cumulative effect of surfactants, sugar decolorant, descaling agent. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018;80(4):151–155. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-151-155>
4. Belyaeva LI, Pruzhin MK, Ostapenko AV, Gurova VN. Improvement of technological indicators semi-finished products of sugar production from bacterially infected sugar beet. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(3):458–469. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-458-469>
5. Yarovoy AA, Demchenko AI, Usaty VN, Steshenko YuA. A progressive universal three-crystallization scheme for the food department at the sugar factories of the Pokrovsky concern. *Sugar*. 2018;(2):34–37. (In Russ.).
- Внедрение прогрессивной универсальной трехкристаллизационной схемы продуктового отделения на сахарных заводах концерна «Покровский» / А. А. Яровой [и др.]. // *Сахар*. 2018. № 2. С. 34–37.
6. Semenov EV, Slavyanskiy AA, Mitroshina DP. Quantitative analysis of the process of suspension separation in the cavity between plates in the separator drum. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2021;(5):3–6. (In Russ.).
- Семенов Е. В., Славянский А. А., Митрошина Д. П. Количественный анализ процесса осветления суспензии в межтарелочном пространстве барабана сепаратора // *Химическое и нефтегазовое машиностроение*. 2021. № 5. С. 3–6.
7. Aleshina AP. Study of fractionation kinetics of binary particle mixture in laboratory apparatus of batch action. *Information Environment of the University*. 2016;23(1):436–439. (In Russ.).
- Алешина А. П. Исследование кинетики фракционирования бинарной сыпучей смеси на лабораторной установке периодического действия // *Информационная среда вуза*. 2016. Т. 23. № 1. С. 436–439.
8. Piven VV, Umanskaya OL, Krivchun NA. Improving the performance of separating lines by fractionation of the source material. *Modern High Technologies*. 2019;(1):109–113. (In Russ.).
- Пивень В. В., Уманская О. Л., Кривчун Н. А. Повышение производительности сепарирующих линий путем фракционирования исходного материала // *Современные наукоемкие технологии*. 2019. № 1. С. 109–113.
9. Borji A, Borji F-E, Jourani A. Industrial crystallization: Modeling of sucrose crystal growth. *Materials Today: Proceedings*. 2021;37:4007–4011. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.577>
10. Lopez-Quiroga E, Wang R, Gouseti O, Fryer PJ, Bakalis S. Crystallisation in concentrated systems: A modelling approach. *Food and Bioprocess Processing*. 2016;100:525–534. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.07.007>

11. de Castro BJC, Marciniuk Junior M, Giulietti M, Bernardo A. Sucrose crystallization: Modeling and evaluation of production responses to typical process fluctuations. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 2019;36(3):1237–1253. <https://doi.org/10.1590/0104-6632.20190363s20180240>
12. Meng Y, Yu S, Zhang J, Qin J, Dong Z, Lu G, *et al.* Hybrid modeling based on mechanistic and data-driven approaches for cane sugar crystallization. *Journal of Food Engineering*. 2019;257:44–55. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.026>
13. Brown DJ, Alexander K, Boysan F. Crystal growth measurement and modelling of fluid flow in a crystallizer. *Zuckerindustrie*. 1992;117(1):35–39.
14. Verma P, Iyer SR, Shah N, Mahajani S. Insights into the crystallization phenomenon in the production of non-centrifugal sugar. *Journal of Food Engineering*. 2021;290. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110259>
15. Semenov EV, Slavyanskiy AA, Mitroshina DP. Quantitative analysis of suspension clarification process in inter-tray space of separator drum. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2021;57(5–6):361–369. <https://doi.org/10.1007/s10556-021-00944-7>
16. Kim VA, Kashin YM, Kopelevich LE. Characteristics of combined motor of separator drive. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;2096(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2096/1/012094>
17. Morozov YuP, Penkov PM. Studying the possibilities of improving centrifugal separation efficiency. *Minerals and Mining Engineering*. 2020;(3):80–86. (In Russ.). <https://doi.org/10.21440/0536-1028-2020-3-80-86>
18. Reshetova RS, Bgantseva OYu, Peshkova DN. Ways to improve the efficiency of the crystallization department at sugar factories. *Sugar*. 2019;(11):16–20. (In Russ.).
- Решетова Р. С., Бганцева О. Ю., Пешкова Д. Н. Способы повышения эффективности работы кристаллизационного отделения сахарных заводов // *Сахар*. 2019. № 11. С. 16–20.
19. Kholodilin AN, Panov YeI. Modelling of movement's process of the particle in the field of centrifugal forces. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019;75(1):109–112. (In Russ.).
- Холодилилин А. Н., Панов Е. И. Моделирование процесса перемещения частицы в поле центробежных сил // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019. Т. 75. № 1. С. 109–112.
20. Semenov EV, Slavyanskii AA, Karamzin VA, Karamzin AV. Centrifugal fractionation of fine particles. *Chemical and Petroleum Engineering*. 2019;55(1–2):122–128. <https://doi.org/10.1007/s10556-019-00591-z>
21. Slavyanskiy AA, Semenov EV, Babakin BS, Lebedeva NN. Intensification of cooling fluid process. *Foods and Raw Materials*. 2020;8(1):171–176. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-171-176>

Влияние продолжительности сухого созревания и состава посолочных веществ на белки высококачественной говядины



Г. В. Гуринович^{*ID}, И. С. Патракова^{ID}, В. А. Хренов^{ID}

Кемеровский государственный университет^{ROR}, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию: 17.01.2022

Поступила после рецензирования: 07.02.2022

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: tppgs@kemsu.ru

© Г. В. Гуринович, И. С. Патракова,
В. А. Хренов, 2022



Аннотация.

Повысился интерес к процессу сухого созревания мяса в автолизе и его влиянию на основные компоненты сырья. Цель работы – изучение влияния продолжительности сухого созревания на белки высококачественной говядины и их изменение в процессе посола в зависимости от состава посолочной смеси.

В работе исследовали спинно-поясничной отруб высококачественной говядины на 21-ые и 40-ые сутки сухого созревания. Химический состав определяли арбитражными методами, растворимость и продукты окисления белков – калориметрическими методами, гидрофобность миофибриллярных белков – реакцией с бромфеноловым синим, активность каталазы и пероксидазы – стандартными методами. Созревшее сырье подвергали обвалке и посолу с использованием хлорида натрия и комбинированной смеси (70 % хлорида магния:30 % хлорида натрия). Для образцов, выдержанных в посоле, контролировали аналогичные показатели.

Установлено, что растворимость миофибриллярных белков на 21-е сутки созревания увеличивается на 23,95 % относительно исходной, но к 40 суткам уменьшается на 14,1 %. Растворимость саркоплазматических белков снижается непрерывно (22,10 и 31,12 % соответственно). Эти данные согласуются с результатами определения гидрофобности белков. Сухое созревание инициирует окисление белков. Об этом свидетельствуют результаты определения карбонильных и сульфгидрильных групп миофибриллярных белков на 40-ые сутки созревания (27,85 нмоль/л и 27,3 мкмоль/г белка соответственно). Посол сырья хлоридом натрия и комбинированной смесью позволяет повысить экстрагируемость белков на 5,2 и 6,9 % (21-е сутки созревания) и на 6,8 и 10,6 % (40-е сутки созревания), но в то же время инициирует процесс окисления белков.

Результаты исследования позволяют говорить о высокой функциональности мышечных белков высококачественной говядины после 21 суток сухого созревания, а также о целесообразности использования смеси с пониженным содержанием натрия при посоле высококачественной говядины сухого созревания.

Ключевые слова. Мясо, сухое созревание, ионная сила, окисление белков, посолочная смесь, мышечные белки, растворимость

Финансирование. Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП КемГУ в рамках соглашения № 075-15-2021-694 от 05.08.2021, заключенного между Минобрнауки России и КемГУ (уникальный идентификатор контракта RF----2296.61321X0032).

Для цитирования: Гуринович Г. В., Патракова И. С., Хренов В. А. Влияние продолжительности сухого созревания и состава посолочных веществ на белки высококачественной говядины // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 98–107. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-98-107>

Effect of Dry Maturation Time and the Curing Composition on Proteins in High Quality Beef

Galina V. Gurinovich*, Irina S. Patrakova, Vladislav A. Khrenov

¹ Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Received: 17.01.2022

Revised: 07.02.2022

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: tppgs@kemsu.ru

© G.V. Gurinovich, I.S. Patrakova, V.A. Khrenov, 2022



Abstract.

Meat quality largely depends on the maturation conditions and natural biochemical processes that affect its taste, aroma, tenderness, and technological properties. Dry maturation and technological processing attract a lot of scientific attention. The research objective was to study the effect of dry maturation time on the physicochemical parameters of high-quality beef, as well as the effect of a new curing mix on the properties of raw materials.

The research featured dorsal-lumbar cuts of high-quality beef on maturation days 21 and 40. Matured meat was tested for the main components, the solubility of sarcoplasmic and myofibrillar proteins, the hydrophobicity of myofibrillar proteins, protein oxidation products, and the activity of catalase and peroxidase. The chemical composition was evaluated depending on the dry maturation time using the arbitration method. The solubility of proteins was determined by the calorimetric method with a biuret reagent. The hydrophobicity of myofibrillar proteins was determined by bromophenol blue reaction, and the activity of catalase and peroxidase was determined by standard methods. Proteins were extracted with potassium phosphate buffer (pH 7.2), while myofibrillar proteins were extracted with Tris-HCl and KCl buffers at pH 7.5 and 7.0.

The meat samples were deboned and salted using sodium chloride and a combined mix of 70% magnesium chloride and 30% sodium chloride. The solubility of myofibrillar proteins on day 21 increased by 23.95% but decreased by 14.1% by day 40. The solubility of sarcoplasmic proteins decreased continuously (22.10 and 31.12%, respectively). The obtained data matched the hydrophobicity of proteins. Dry maturation initiated protein oxidation, as demonstrated by carbonyl and sulfhydryl groups of myofibrillar proteins on maturation day 40 (27.85 nmol/L and 27.3 μ mol/g of protein, respectively). Sodium chloride and its mix increased the extractability of proteins by 5.2 and 6.9% on day 21 and by 6.8 and 10.6% on day 40 but triggered protein oxidation.

Muscle proteins of high-quality beef proved functional after 21 days of dry maturation. The new mix with reduced sodium content can be recommended for high-quality dry-aged beef production.

Keywords. Meat, dry maturation, ionic strength, protein oxidation, curing mixture, muscle proteins, solubility

Funding. The research was conducted on the premises of the Research Equipment Sharing Center of KemSU, agreement No. 075-15-2021-694 dated August 5, 2021, between the Minobrnauka and KemSU (contract identifier RF----2296.61321X0032).

For citation: Gurinovich GV, Patrakova IS, Khrenov VA. Effect of Dry Maturation Time and the Curing Composition on Proteins in High Quality Beef. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):98–107. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-98-107>

Введение

Сухое созревание – это процесс, при котором свежее мясо выдерживается без защитной упаковки при температуре охлаждения в течение нескольких недель с целью обеспечения естественных ферментативных и биохимических процессов. Они приводят к повышению нежности и развитию характерного вкуса созревшего сырья. Концентрированию и обогащению вкуса и аромата способствует испарение влаги в процессе сухого созревания [1]. Чтобы выдержка улучшила качество мяса, нужно значительное количество равномерно распределенного внутримышечного жира. Поэтому сухому созреванию подвергают мраморную или высококачественную говядину [2, 3].

Сухое созревание затратный процесс, т. к. требует длительного времени и много места для созревания. Он сопровождается большими потерями массы и образованием значительного количества сухих отходов, называемых в промышленности «коркой». Однако повышенные органолептические характеристики, лучшие, чем у сырья традиционного созревания, приводят к расширению производства сырья премиального качества.

Процесс сухого созревания вызывает большой интерес отечественных и зарубежных ученых. Об этом свидетельствует рост числа исследований, направленных на изучение и оптимизацию условий сухого созревания, их влияния на органолептические

свойства, потери массы, pH, микробиологические и структурно-механические характеристики сырья [4–7].

На формирование качества созревающего сырья оказывают влияние белки мяса. Продукты протеолиза, наряду с продуктами гидролиза и окисления жиров, участвуют в развитии вкусо-ароматических свойств и консистенции мяса [8]. В процессе длительного созревания белки мяса подвергаются окислению. Это ковалентная модификация белка, индуцируемая прямым действием активных форм кислорода или косвенно в результате реакции со вторичными продуктами окислительного стресса. Окисление белков сопровождается их фрагментацией и агрегированием, что влияет на функциональные свойства и качество мяса [9, 10]. Несмотря на большой вклад белков в конечное качество мяса, вопросы изменения их состояния и свойств в процессе сухого созревания изучены недостаточно. Это утверждение также относится к проблеме изменения свойств мяса сухого созревания при различных видах технологической обработки. Выявлены отдельные работы, связанные с замораживанием и тепловой обработкой сырья сухого созревания [11–14]. Среди процессов технологической обработки одним из наиболее распространенных является посол, предназначенный для регулирования функциональных свойств белков. Широкий круг исследований специфики влияния посола на белки и другие компоненты получил новое направление развития, обусловленное поисками альтернативных хлориду натрия посолочных составов для сокращения уровня введения натрия в мясные продукты [15, 16]. Состав и концентрация посолочных веществ определяют ионную силу раствора как фактора, влияющего на гидрофильные свойства и экстрагируемость мышечных белков.

Целью работы стало исследование влияния продолжительности сухого созревания на физико-химические показатели высококачественной говядины от скота черно-пестрой породы, включая показатели окисления и агрегирования белков, и состава посолочных веществ на изменение функциональных свойств белков говядины сухого созревания в процессе посола.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования использовалась высококачественная говядина (образец А), созревание которой выполнялось в костных отрубках сухим способом в камере Dry age. Использовали спинно-поясничный отруб и спинную часть. Условия созревания: температура 0–1 °C ($\pm 0,5$ °C), относительная влажность воздуха 74–75 % (± 1 %), скорость движения воздуха 0,5 м/с. Для исследований использована говядина через 21-е и 40-е сутки созревания.

При подготовке сырья к исследованиям с отрубов после созревания предварительно срезали поверхностную корку, разрезали на части и отделяли мягкие ткани. Полученное мякотное сырье измельчали (16–25 мм) и разделяли на три части. Первую использовали для контроля показателей на 21-е и 40-е сутки созревания (образец В и образец С соответственно). Вторую смешивали с хлоридом натрия (3 % к массе сырья, ионная сила $I = 0,52$; образцы В1 и В2). Третью часть мяса смешивали с комбинированной смесью, включающей хлорид натрия:хлорид магния в соотношении 70:30 (3 % к массе сырья, ионная сила $I = 0,65$; образцы С1 и С2). Продолжительность выдержки сырья в посоле 48 ч при температуре 0–4 °C.

В образцах разных сроков сухого созревания (В и С) определяли физико-химические показатели, включая химический состав, растворимость белков, степень окисления, гидрофобность белков и активность антиокислительных ферментов. В соленом фарше из говядины разного срока созревания и разными посолочными веществами (В1, С1; В2, С2) определяли растворимость белков, степень их окисления и активность антиокислительных ферментов.

Химический состав высококачественной говядины. Массовую долю белка определяли методом Кьельдаля, массовую долю жира – методом Сокслета, массовую долю золы – минерализацией навески, массовую долю влаги – высушиванием до постоянной массы [17].

Растворимость мышечных белков. Общую растворимость белков и растворимость саркоплазматических белков (мкг белка/г мяса) устанавливали методом, предложенным Y. J. Li и др. [18]. Растворимость миофибриллярных белков – по разности между ними. В качестве растворителя использовали 0,025М калий-фосфатный буфер (pH 7,2). Экстракцию миофибриллярных белков проводили, используя последовательно буферный раствор на основе Tris-HCl и KCl с pH 7,5 и 7,0. Концентрацию белка определяли с использованием биуретового реактива [18–20].

Содержание карбонильных групп в миофибриллярных белках определяли колориметрическим методом с использованием 2,4-динитрофенилгидразина и измерением оптической плотности растворов при длине волны 370 и 280 нм. Содержание карбонильных групп выражали в нмоль/мг белка [21].

Содержание сульфгидрильных групп в миофибриллярных белках устанавливали колориметрическим методом измерения величины поглощения света раствором миофибриллярных белков при длине волны 412 нм. Содержание сульфгидрильных групп выражали в мкмоль/г белка [22].

Гидрофобность поверхности миофибриллярных белков определяли по методу I. Chelh с соавторами по

величине поглощения света белковым экстрактом при длине волны 595 нм [23]. Гидрофобность поверхности выражали количеством связанного бромфенолового синего, мкг.

Активность пероксидазы устанавливали колориметрическим методом, основанным на определении скорости реакции окисления бензидина до образования синей окраски и его окисления в присутствии перекиси и пероксидазы [24].

Активность каталазы определяли спектрофотометрическим методом, основанным на определении скорости разложения перекиси водорода каталазой исследуемого образца с образованием воды и кислорода [25].

Статистическая обработка. Экспериментальные данные получены по 5 сериям измерений, проверенных на однородность. Повторяемость измерений каждого из показателей внутри серии трехкратная. Обработка данных проводилась стандартными методами математической статистики. Однородность выборочных эффектов проверяли по *t*-критерию Стьюдента. Различия между средними значениями считались достоверными с доверительной вероятностью $P \leq 0,05$. Результаты измерений представлены в виде среднего значения $\pm$ стандартное отклонение.

Результаты и их обсуждение

В таблице 1 представлен химический состав высококачественной говядины разного срока сухого созревания. Установлено, что при принятых условиях через 21-е сутки сухого созревания массовая доля влаги в сырье уменьшилась на 5,7 % по сравнению с исходной величиной. В период созревания от 21-х до 40-х суток потеря влаги для мяса снижается. Значение показателя массовой доли влаги уменьшилось за этот период на 4,5 %. О снижении содержания влаги

в говядине сухого возраста сообщали J. Berger с соавторами [4].

Выявлено увеличение массовой доли белка на 2,6 и 11,9 % по отношению к содержанию в исходном сырье. Более выраженные изменения характерны для массовой доли жира, которая через 21-е и 40-е сутки созревания увеличилась на 31,7 и 51,7 % соответственно.

Исследования по изменению содержания белка были дополнены данными по оценке их растворимости и гидрофобных свойств структурных белков. Осажденные или денатурированные саркоплазматические белки могут связываться с миофибриллярными, что приводит к снижению водоудерживающей способности [26–30].

Результаты исследования влияния продолжительности сухого созревания на общую растворимость белков и отдельно по фракциям приведены в таблице 2.

Характер изменения растворимости мышечных белков зависит от продолжительности сухого созревания. Количество мышечных белков, извлекаемых из сырья через 21-е сутки созревания, увеличилось на 5,91 %, из сырья через 40 суток созревания оставалось практически таким же, что и для исходного. Экспериментальные данные свидетельствуют о неоднозначном вкладе отдельных фракций белков в растворимость. Растворимость саркоплазматических белков сырья в каждом из исследуемых периодов созревания остается ниже, чем в исходном сырье, и имеет тенденцию к снижению с увеличением продолжительности созревания. Полученные результаты могут быть объяснены потерей влаги и увеличением количества сухих веществ, в том числе солей, которые снижают гидрофильные свойства белков.

Растворимость миофибриллярных белков через 21-е сутки созревания увеличивается на 23,95 % относительно значения для исходного сырья и остается выше него на 14,06 %. То есть сухое созревание сопровождается увеличением растворимости миофибриллярных белков, но по мере увеличения продолжительности выдержки количество извлекаемого белка уменьшается. Снижение растворимости миофибриллярных белков при длительном сухом созревании может быть объяснено ослаблением внутримолекулярных связей. Это приводит к частичной денатурации и разворачиванию белковой молекулы, а также к увеличению числа гидрофобных групп [31].

Это согласуется с результатами определения гидрофобности миофибриллярных белков, которая характеризует относительное содержание гидрофобных аминокислот на поверхности белковых молекул и указывает на степень денатурации белка [32]. Установлено увеличение связывания бромфенолового синего сырьем с 24,0 мкг при

Таблица 1. Химический состав высококачественной говядины сухого созревания

Table 1. Chemical composition of high-quality dry-maturation beef

Показатель, %	Исходное сырье	После 21 суток созревания	После 40 суток созревания	SD $\pm$
Массовая доля влаги	71,24	67,18	64,15	0,54
Массовая доля белка	18,63	19,12	20,84	0,31
Массовая доля жира	9,01	11,96	13,67	0,67
Массовая доля золы	1,14	1,43	1,56	0,24

Таблица 2. Влияние продолжительности сухого созревания и состава посолочной смеси на растворимость мышечных белков высококачественной говядины

Table 2. Effect of dry maturation time and the composition of the curing mix on the solubility of muscle proteins

Образец	Растворимость белков, мг/г			Гидрофобность поверхности миофибриллярных белков, мкг
	Общая	Саркоплазматических	Миофибриллярных	
A	169,03	59,71	109,32	12,7
B – 21 сутки	179,02	46,51	132,51	24,0
B1 (I = 0,52)	188,39	40,26	148,13	23,6
B2 (I = 0,65)	191,54	38,91	152,63	22,1
C – 40 суток	168,81	41,12	124,69	38,5
C1 (I = 0,52)	180,29	36,57	143,72	36,9
C2 (I = 0,65)	186,73	34,64	152,09	35,4
SME ±	2,56	1,89	2,34	4,5

сухом созревании в течение 21-х суток до 38,5 мкг в течение 40-ка суток. Повышенная гидрофобность поверхности предполагает, что белки мяса являются более уязвимыми к денатурации при последующей обработке или хранении из-за изменений во вторичных и третичных структурах.

Результаты изучения количества и состояния белков позволяют говорить о большей функциональности белков высокосортной говядины через 21-е сутки сухого созревания, чем через 40 суток или у исходного образца.

Посол говядины сухого созревания в течение 48 ч оказал положительное влияние на гидрофильные свойства белков мяса. При посоле фарша из говядины со сроком созревания 21 сутки хлоридом натрия (ионная сила 0,52 моль/л) наблюдалось повышение общей растворимости мышечных и миофибриллярных белков на 5,2 и 11,8 % соответственно. На фоне увеличения ионной силы отмечалось снижение растворимости саркоплазматических белков.

Замена 30 % хлорида натрия на хлорид магния привела к повышению ионной силы полученной посолочной смеси до 0,65 моль/л. Это способствовало повышению растворимости мышечных белков в целом и миофибриллярных в частности, по сравнению с показателями, установленными как для сырья, взятого для посола, так и фарша, посоленного хлоридом натрия.

Аналогичные зависимости получены в эксперименте с говядиной после 40-ка суток созревания.

Окисление белков – это цепная реакция свободных радикалов, которая похожа на окисление липидов. Полипептидный каркас и боковые цепи аминокислот уязвимы для окислительной атаки и образования карбонильных групп белка. Образование карбонильных групп белков в результате разрыва боковой цепи аминокислот происходит по трем направлениям: каталитическое окисление металлов, гликирование и комплексообразование других веществ с белком [33].

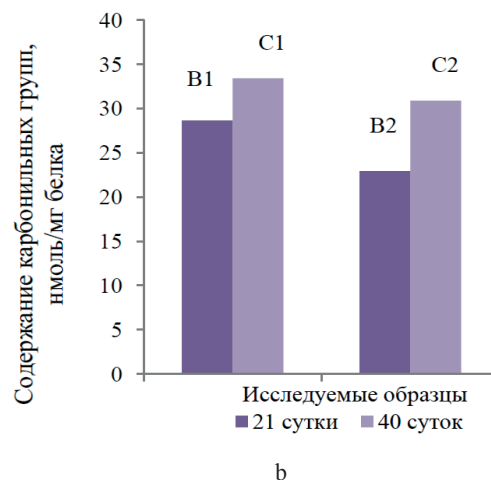
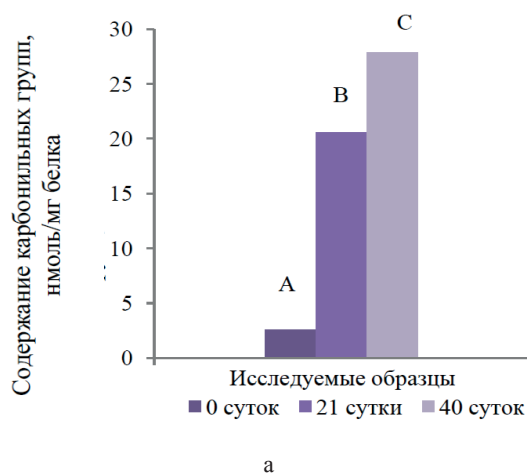


Рисунок 1. Влияние продолжительности сухого созревания высококачественной говядины (a) и состава посолочной смеси для ее посола (b) на содержание карбонильных групп

Figure 1. Effect of dry maturation time of high-quality beef (a) and curing mix (b) on carbonyl groups

Изменение содержания карбонильных групп в миофибриллярных белках высококачественной говядины в процессе сухого созревания представлено на рисунке 1.

Установлена прямая зависимость между длительностью сухого созревания и содержанием карбонильных групп миофибриллярных белков: для сырья после 21-х и 40-х суток созревания она составила 20,59 нмоль/л, на 40 сутки – 27,85 нмоль/л, увеличилась за этот период на 35,2 %.

Хлорид натрия способствует снижению устойчивости миофибриллярных белков к гидроксильным радикалам и другим проокислительным факторам. Например, метмиоглобином, который образуется в процессе посола [34, 35]. С этим согласуются полученные данные определяемого количества карбонильных групп. Для соленого фарша из говядины со сроком сухого созревания 21 и 40 суток (образец В1 и В2) установлено увеличение определяемого количества карбонильных групп на 39,1 и 19,9 %.

Использование при посоле смеси с пониженным содержанием натрия (ионная сила 0,65 моль/л) привело к стабилизации миофибриллярных белков и повышению их устойчивости к окислению. Содержание карбонильных групп в образцах с этой смесью составило 22,91 (образец В2) и 30,87 нмоль/г белка (образец С2), что на 20,0 и 8,0 % меньше, чем в соответствующих образцах с хлоридом натрия (ионная сила 0,52 моль/л).

Полученные результаты свидетельствуют о большей интенсивности процесса окисления белков высококачественной говядины на начальных стадиях сухого созревания. С увеличением срока выдержки она снижается. Посол предпочтительно осуществлять

посолочной смесью с частичной заменой натрия на магний.

Количество сульфгидрильных групп является еще одним показателем, который применяется для оценки степени окисления белков мяса, поскольку остатки цистеина характеризуются высокой восприимчивостью к окислению и образованию межмолекулярных дисульфидных мостиков [36].

Изменение содержания сульфгидрильных групп миофибриллярных белков в высококачественной говядине разных сроков созревания, а также в фаршах с различными компонентами, использованными для посола, показано на рисунке 2. С увеличением степени окисления белков количество сульфгидрильных групп снижается. Установлено, что содержание сульфгидрильных групп миофибриллярных белков снижалось с увеличением продолжительности сухого созревания. Через 21-е сутки сухого созревания оно составило 33,16 мкмоль/г белка, на 40-е – 27,3 мкмоль/г белка. Снижение количества сульфгидрилов в процессе сухого созревания может быть объяснено изменением пространственной конформации белка. В результате этого сульфгидрильные группы, находящиеся внутри белковой молекулы, становятся доступны окислительным радикалам и окисляются, поскольку являются наиболее реактивными функциональными группами миофибриллярных белков.

Посол сырья смесями разной ионной силы оказал влияние на стабильность дисульфидных связей белковых молекул. В образцах фарша из говядины со сроком сухой выдержки 21 и 40 суток, посоленных хлоридом натрия (ионная сила 0,52 моль/л), количество сульфгидрильных групп снизилось с 25,13 до 21,76 мкмоль/г белка. Эти значения оказались на 9,4

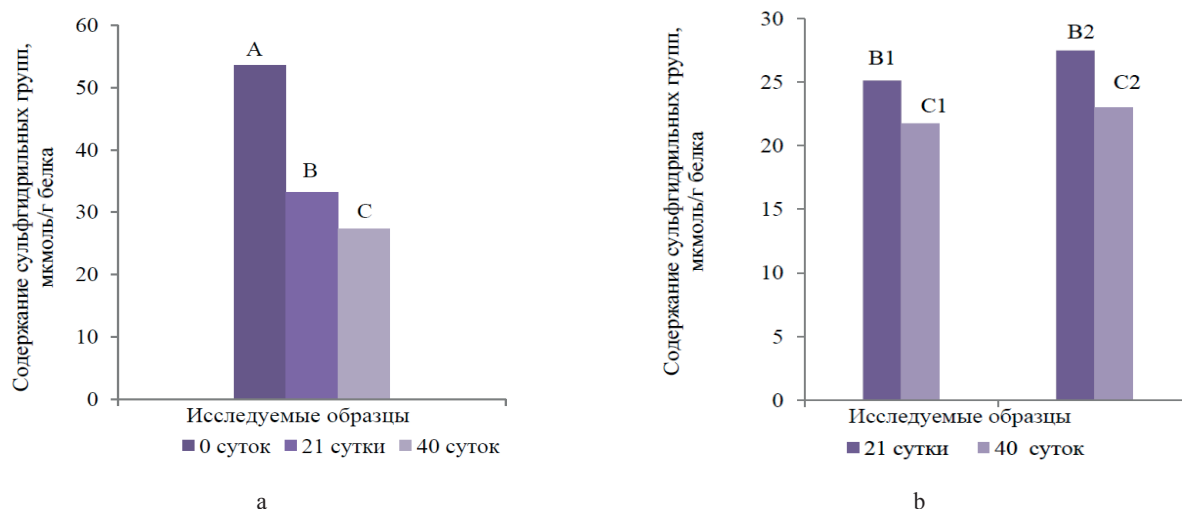


Рисунок 2. Влияние продолжительности сухого созревания высококачественной говядины (а) и состава посолочной смеси для ее посола (б) на содержание сульфгидрильных групп

Figure 2. Effect of dry maturation time of high-quality beef (a) and curing mix (b) on sulfhydryl groups

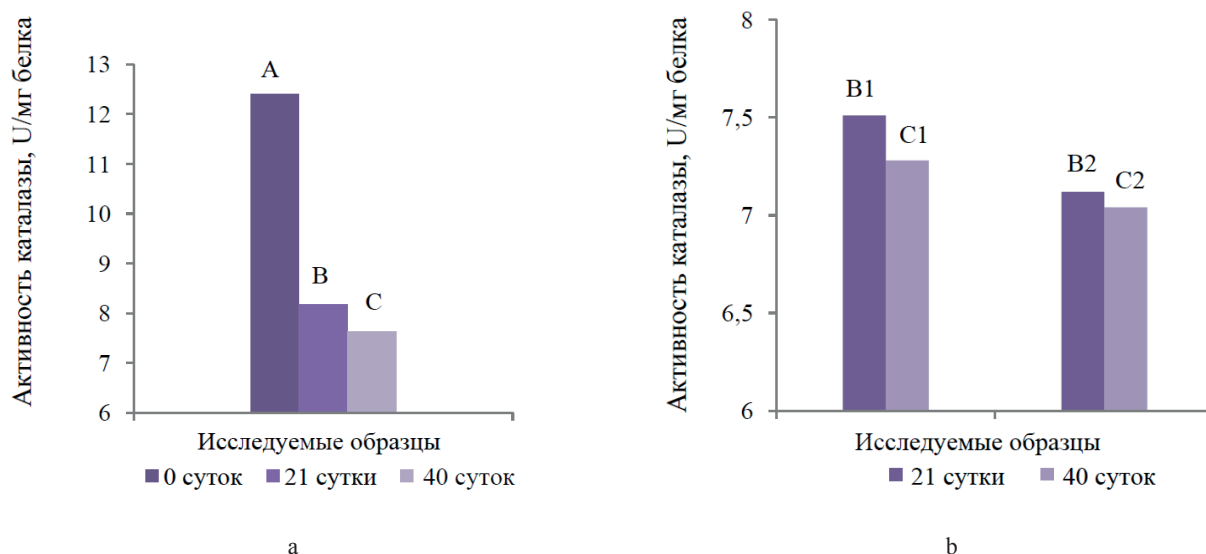


Рисунок 3. Влияние продолжительности сухого созревания высококачественной говядины (а) и состава посолочной смеси (б) на активность каталазы

Figure 3. Effect of dry maturation time of high-quality beef (a) and curing mix (b) on catalase activity

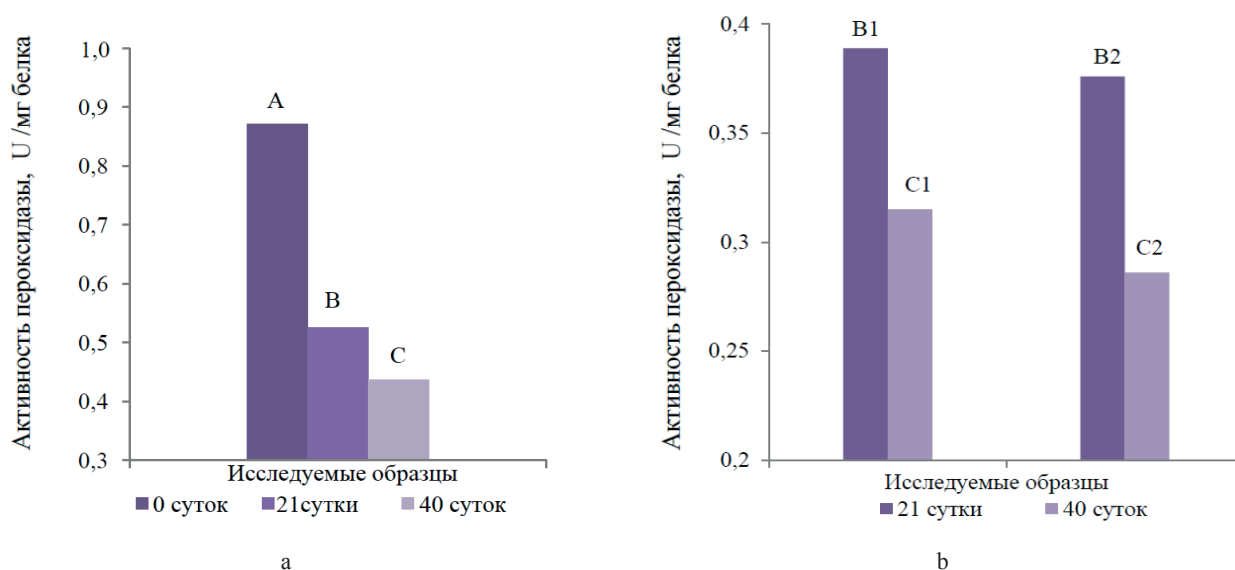


Рисунок 4. Влияние продолжительности сухого созревания высококачественной говядины (а) и состава посолочной смеси (б) на активность пероксидазы

Figure 4. Effect of dry maturation time of high-quality beef (a) and curing mix (b) on peroxidase activity

и 5,8 % ниже, чем в образцах, посоленных смесью с частичной заменой натрия на магний (ионная сила 0,65 моль/л). Это привело к снижению степени деформации миофибриллярных белков.

Полученные результаты согласуются с имеющимися литературными данными [37–39].

Среди саркоплазматических белков особый интерес представляют белки, проявляющие ферментативную активность, а именно эндогенные антиоксидантные ферменты, такие как каталаза и пероксидаза.

Они могут ингибировать развитие окислительной порчи в мясном сырье, а их антиоксидантная активность зависит от используемых технологических добавок, в частности хлорида натрия [40].

Изменение активности антиоксидантных ферментов высококачественной говядины в процессе сухого созревания, а также соленого фарша на ее основе с использованием посолочных веществ, различных по составу, представлено на рисунках 3 и 4.

Полученные результаты свидетельствуют о том,

что процесс созревания сопровождается снижением активности каталазы и пероксидазы. Это результат высаливания саркоплазматических белков в условиях снижения свободной влаги в мясе и увеличения содержания сухих веществ. Посол сырья хлоридом натрия привел к снижению активности как каталазы, так и пероксидазы. Повышение ионной силы до 0,65 моль/л в результате частичной замены хлорида натрия на хлорид магния еще больше снизило активность ферментов.

Выводы

Продолжительность сухого созревания оказывает влияние на химический состав. Это выражается в снижении массовой доли влаги, увеличении массовой доли жира и массовой доли белка, что может быть связано с процессом протеолиза. Растворимость миофибриллярных белков через 21-е сутки созревания увеличивается, что способствует повышению общего количества извлекаемых белков. Степень окисления белков оказалась выше в говядине со сроком созревания 21 сутки. Затем процесс стабилизировался и даже замедлился, о чем свидетельствует меньшее содержание карбонильных групп в говядине со сроком созревания 40 суток. Совокупность экспериментальных данных позволяет говорить о том, что денатурация, гидролиз и агрегирование белков высококачественной говядины в процессе сухого созревания развиваются с разной скоростью. Однако этот способ созревания способствует повышению

функциональных свойств белков через 21-е сутки выдержки.

Посол улучшает функциональные свойства белков говядины со сроком сухого созревания 21 и 40 суток. Большая эффективность выявлена при использовании посолочной смеси, в которой 30 % хлорида натрия было заменено на хлорид магния.

Критерии авторства

Г. В. Гуринович руководила проектом (0,4). В проведении исследований, обработке данных, написании и корректировке статьи принимали участие все авторы в долях И. С. Патракова – 0,4, В. А. Хренов – 0,2.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

G.V. Gurinovich supervised the project (40%). All the authors participated in the research, data processing, writing, and proofreading: I.S. Patrakov – 40%, V.A. Khrenov – 20%.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Lee HJ, Yoon JW, Kim M, Oh H, Yoon Y, Jo C. Changes in microbial composition on the crust by different air flow velocities and their effect on sensory properties of dry-aged beef. *Meat Science*. 2019;153:152–158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.019>
2. Kim J-H, Kim T-K, Shin D-M, Kim H-W, Kim Y-B, Choi Y-S. Comparative effects of dry-aging and wet-aging on physicochemical properties and digestibility of Hanwoo beef. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2020;33(3):501–505. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0031>
3. Kozyrev IV, Mittelshtein TM, Pchelkina VA, Kuznetsova TG, Lisitsyn AB. Marbled beef quality grades under various ageing conditions. *Foods and Raw Materials*. 2018;6(2):429–437. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-429-437>
4. Berger J, Kim YHB, Legako JF, Martini S, Lee J, Ebner P, *et al.* Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. *Meat Science*. 2018;145:285–291. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.004>
5. Kim M, Choe J, Lee HJ, Yoon Y, Yoon S, Jo C. Effects of aging and aging method on physicochemical and sensory traits of different beef cuts. *Food Science of Animal Resources*. 2019;39(1):54–64. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e3>
6. Hulánková R, Kameník J, Saláková A, Závodský D, Borilova G. The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle. *LWT – Food Science and Technology*. 2018;89:559–565. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.014>
7. Kim YHB, Kemp R, Samuelsson LM. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*. 2016;111:168–176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.09.008>
8. Kudryashov LS. Meat: maturation and salting. Kemerovo: Kuzbassvuzizdat; 1992. 206 p. (In Russ.).
Кудряшов Л. С. Созревание и посол мяса. Кемерово: Кузбассвузиздат, 1992. 206 с.
9. Domínguez R, Pateiro M, Munekata PES, Zhang W, Garcia-Oliveira P, Carpena M, *et al.* Protein oxidation in muscle foods: A comprehensive review. *Antioxidants*. 2022;11(1). <https://doi.org/10.3390/antiox11010060>

10. Papuc C, Goran GV, Predescu CN, Nicorescu V. Mechanisms of oxidative processes in meat and toxicity induced by postprandial degradation products: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2017;16(1):96–123. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12241>
11. Kim YHB, Meyers B, Kim H-W, Liceaga AM, Lemenager RP. Effects of stepwise dry/wet-aging and freezing on meat quality of beef loins. *Meat Science*. 2017;123:57–63. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.09.002>
12. da Silva Bernardo AP, da Silva ACM, Francisco VC, Ribeiro FA, Nassu RT, Calkins CR, et al. Effects of freezing and thawing on microbiological and physical-chemical properties of dry-aged beef. *Meat Science*. 2020;161. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108003>
13. Álvarez S, Álvarez C, Hamill R, Mullen AM, O'Neill E. Drying dynamics of meat highlighting areas of relevance to dry-aging of beef. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2021;20(6):5370–5392. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12845>
14. Kim J-H, Lee H-J, Shin D-M, Kim T-K, Kim Y-B, Choi Y-S. The dry-aging and heating effects on protein characteristics of beef *Longissimus dorsi*. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2018;38(5):1101–1108. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e43>
15. Zheng J, Han Y, Ge G, Zhao M, Sun W. Partial substitution of NaCl with chloride salt mixtures: Impact on oxidative characteristics of meat myofibrillar protein and their rheological properties. *Food Hydrocolloids*. 2019;96:36–42. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.003>
16. Taylor C, Doyle M, Webb D. “The safety of sodium reduction in the food supply: A cross-discipline balancing act” – Workshop proceedings. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2018;58(10):1650–1659. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1276431>
17. Antipova LV, Glotova IA, Rogov IA. Research methods for meat and meat products. Moscow: KolosS; 2001. 376 p. (In Russ.).
Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: КолосС, 2001. 376 с.
18. Li YJ, Li JL, Zhang L, Gao F, Zhou GH. Effects of dietary starch types on growth performance, meat quality and myofibre type of finishing pigs. *Meat Science*. 2017;131:60–67. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.237>
19. Feng Y-H, Zhang S-S, Sun B-Z, Xie P, Wen K-X, Xu C-C. Changes in physical meat traits, protein solubility, and the microstructure of different beef muscles during post-mortem aging. *Foods*. 2020;9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060806>
20. Xia T, Cao Y, Chen X, Zhang Y, Xue X, Han M, et al. Effects of chicken myofibrillar protein concentration on protein oxidation and water holding capacity of its heat-induced gels. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2018;12(4):2302–2312. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9847-8>
21. Pérez-Juan M, Flores M, Toldrá F. Effect of ionic strength of different salts on the binding of volatile compounds to porcine soluble protein extracts in model systems. *Food Research International*. 2007;40(6):687–693. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.013>
22. Ma J, Wang X, Li Q, Zhang L, Wang Z, Han L, et al. Oxidation of myofibrillar protein and crosslinking behavior during processing of traditional air-dried yak (*Bos grunniens*) meat in relation to digestibility. *LWT*. 2021;142. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.110984>
23. Chelh I, Gatellier, Santé-Lhoutellier V. Technical note: A simplified procedure for myofibril hydrophobicity determination. *Meat Science*. 2006;74(4):681–683. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.019>
24. Timofeyev MA, Shatilina ZM, Protopopova MV, Bedulina DS, Pavlichenko VV, Kolesnichenko AV, et al. Thermal stress defense in freshwater amphipods from contrasting habitats with emphasis on small heat shock proteins (sHSPs). *Journal of Thermal Biology*. 2009;34(6):281–285. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2009.03.008>
25. Terevinto A, Cabrera MC, Saadoun A. Influence of feeding system on lipids and proteins oxidation, and antioxidant enzymes activities of meat from Aberdeen Angus steers. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2015;3(9):581–586.
26. Zeng Z, Li C, Ertbjerg P. Relationship between proteolysis and water-holding of myofibrils. *Meat Science*. 2017;131:48–55. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.232>
27. Santos MD, Delgadillo I, Saraiva JA. Extended preservation of raw beef and pork meat by hyperbaric storage at room temperature. *International Journal of Food Science and Technology*. 2020;55(3):1171–1179. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14540>
28. Chernukha IM, Kovalev LI, Mashentseva NG, Kovaleva MA, Vostrikova NL. Detection of protein aggregation markers in raw meat and finished products. *Foods and Raw Materials*. 2019;7(1):118–123. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-118-123>
29. Feng Y-H, Zhang S-S, Sun B-Z, Xie P, Wen K-X, Xu C-C. Changes in physical meat traits, protein solubility, and the microstructure of different beef muscles during post-mortem aging. *Foods*. 2020;9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060806>
30. Liu J, Arner A, Puolanne E, Ertbjerg P. On the water-holding of myofibrils: Effect of sarcoplasmic protein denaturation. *Meat Science*. 2016;119:32–40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.020>

31. Zhang W, Xiao S, Ahn DU. Protein oxidation: Basic principles and implications for meat quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2013;53(11):1191–1201. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.577540>
32. Zecca E. Investigating the role of surface hydrophobicity in protein aggregation. PhD diss. Storrs: University of Connecticut; 2017. 1488 p.
33. Hellwig M. The chemistry of protein oxidation in food. *Angewandte Chemie – International Edition*. 2019;58(47):16742–16763. <https://doi.org/10.1002/anie.201814144>
34. Pateiro M, Munekata PE, Cittadini A, Domínguez R, Lorenzo JM. Metallic-based salt substitutes to reduce sodium content in meat products. *Current Opinion in Food Science*. 2021;38:21–31. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.029>
35. Cittadini A, Domínguez R, Gómez B, Pateiro M, Pérez-Santaescolástica C, López-Fernández O, *et al.* Effect of NaCl replacement by other chloride salts on physicochemical parameters, proteolysis and lipolysis of dry-cured foal “cecina”. *Journal of Food Science and Technology*. 2020;57:1628–1635. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04195-6>
36. Han Z, Cai M-J, Cheng J-H, Sun D-W. Effects of microwave and water bath heating on the interactions between myofibrillar protein from beef and ketone flavour compounds. *International Journal of Food Science and Technology*. 2019;54(5):1787–1793. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14079>
37. Hellwig M. Analysis of protein oxidation in food and feed products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020;68(46):12870–12885. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c00711>
38. Zhang YM, Ertbjerg P. Effects of frozen-then-chilled storage on proteolytic enzyme activity and water-holding capacity of pork loin. *Meat Science*. 2018;145:375–382. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.017>
39. Guan F, Chen Y, Zhao S, Chen Z, Yu C, Yuan Y. Effect of slurry ice during storage on myofibrillar protein of *Pseudosciaena crocea*. *Food Science and Nutrition*. 2021;9(7):3806–3814. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2355>
40. Gurinovich GV, Patrakova IS, Seregin SA, Gargaeva AG, Alekseevnina OYa, Myshalova OM, *et al.* Biological value of semi-smoked sausages with cedar oil cake. *Foods and Raw Materials*. 2020;8(1):30–39. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-30-39>

Потребительские свойства и потенциальная востребованность продукции «dairy alternatives» из отечественных сортов гороха и фасоли



А. А. Вебер^{1,*}, С. А. Леонова², О. В. Кондратьева¹

¹ Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина^{ROR}, Омск, Россия

² Башкирский государственный аграрный университет^{ROR}, Уфа, Россия

Поступила в редакцию: 06.12.2021

Поступила после рецензирования: 12.01.2022

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: anna.web@mail.ru

© А. А. Вебер, С. А. Леонова,
О. В. Кондратьева, 2022



Аннотация.

Современный продовольственный рынок продуктов сегмента «dairy alternatives» представлен безалкогольными напитками из растительного сырья, тофу и т. д. Для российских потребителей является новым растительный напиток из пророщенного зерна гороха и фасоли отечественной селекции, а также продукты на его основе. Цель исследования – выявление востребованности инновационных продуктов, определение основных потребительских критериев и перспективности этих продуктов на рынке.

Объектами исследования являются продукты питания на основе растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли отечественной селекции. Использованы экономико-математические, качественные и количественные методы маркетинговых исследований продуктов. Исследование пищевой ценности и показателей безопасности образцов осуществляли с использованием общепринятых современных инструментальных методов анализа свойств сырья и готовой продукции.

Результаты исследований рынка и анализ потребительских предпочтений продуктов сегмента «dairy alternatives» позволили установить, что данные продукты стабильно употребляют 29,1 % населения, 70,9 % – являются не постоянными покупателями. Наиболее распространены продукты сегмента среди женщин в возрасте от 20 до 50 лет (91,4 %). В результате изучения востребованности разработанных продуктов определены перечень потребительских требований и степень соответствия продуктов потребительским требованиям, произведено ранжирование их важности и дифференциация сортов по назначению. Разработанные продукты обладают ценами ниже рыночных аналогов, соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011, отличаются от контрольных образцов низкой энергетической ценностью и повышенным содержанием белка.

Анализ потребительского поведения позволил определить конкурентоспособные качественные показатели продуктов и эффекты от их внедрения на рынок, что позволяет спрогнозировать высокий спрос инновационных продуктов.

Ключевые слова. Зерно, напиток безалкогольный, ферментированный напиток, хлеб, тофу, пищевая ценность, безопасность, себестоимость, селекция

Для цитирования: Вебер А. Л., Леонова С. А., Кондратьева О. В. Потребительские свойства и потенциальная востребованность продукции «dairy alternatives» из отечественных сортов гороха и фасоли // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 108–122. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-108-122>

Consumer Qualities and Potential Relevance of Dairy Alternatives from Domestic Beans and Peas

Anna L. Veber^{1,*} , Svetlana A. Leonova² , Oksana V. Kondrateva¹ 

¹ P.A. Stolypin Omsk State Agrarian University , Omsk, Russia

² Bashkir State Agrarian University , Ufa, Russia

Received: 06.12.2021

Revised: 12.01.2022

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: anna.web@mail.ru

© A.L. Veber, S.A. Leonova, O.V. Kondrateva, 2022



Abstract.

The contemporary market of dairy alternatives offers non-alcohol beverages of plant origin, fermented beverages, tofu, etc. Non-alcohol beverages from germinated beans and peas of Russian varieties are new for Russian consumers. This research featured their prospective market demand, key performance criteria, and market capacity.

The research featured functional products based on vegetable dispersion from germinated peas and beans of Russian cultivars, e.g. beverages, ice cream, tofu, bakery products, etc. The experiment involved standard qualitative and quantitative methods of marketing research and physicochemical studies.

The market analysis of consumer preferences for dairy alternatives established that 29.1% of the population and 70.9% of non-regular customers consistently consume dairy alternatives. The most common segment of population (91.4%) included women aged 20–50. As for the demand, the research provided a ranked list of consumer requirements; each product was tested for compliance with consumer requirements. The Russian bean and pea cultivars were differentiated according to target use. The developed products proved cheaper than their market analogues. In addition, they meet the safety requirements and have fewer calories and more proteins.

The new dairy alternatives appeared to have good competitive quality indicators and are likely to have a high market demand.

Keywords. Grain, non-alcoholic drink, fermented drink, bread, tofu, nutritional value, safety, cost, selection

For citation: Veber AL, Leonova SA, Kondrateva OV. Consumer Qualities and Potential Relevance of Dairy Alternatives from Domestic Beans and Peas. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):108–122. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-108-122>

Введение

В условиях высокой неопределенности современного VUCA-мира предприятия пищевой промышленности вынуждены существовать в новых условиях, вести деятельность на нестабильных рынках с быстро меняющимися обстоятельствами и учитывать большое количество факторов [1]. Это постоянно меняющийся спрос потребителя, изменение структуры рынка здорового питания и удовлетворение индивидуальных вкусовых предпочтений, способ выбора покупки и доставки с использованием цифровых технологий и т. д. [2]. Расширение использования цифровых технологий и стратегии концентрированного (усиление позиций на рынке, развитие продукта и т. д.) и диверсифицированного роста (производство инновационных продуктов) является ключевым моментом для успешного развития предприятий. Совершенствование технологий традиционных продуктов питания и внедрение на рынок инновационных продуктов

здорового питания связано с исследованием рынка и анализом потребительских предпочтений [3–5]. Для достижения дополнительного роста бизнеса необходимо расширять ассортимент продуктов для здорового питания. Для формирования ценового сегмента необходимо учитывать платежеспособность населения [6].

Продукты сегмента «dairy alternatives» относятся к высокомаржинальным. По мнению экспертов, они перешли из нишевого сегмента в полноценную товарную категорию. Мировой рынок продуктов сегмента «dairy alternatives» к 2026 г., по оценкам экспертов, может достичь емкости 35,8 млрд долл. со среднегодовым темпом роста 13,6 % [7]. Продукция данного сегмента предназначена не только для удовлетворения индивидуальных потребительских предпочтений, но и направлена на решение актуальных проблем. Это сравнительно низкий пищевой статус населения, недостаточное потребление качественного сбалансированного белка, ухудшение экологической

ситуации, пищевая аллергия, перепотребление и перепроизводство пищевых продуктов.

На отечественном рынке безалкогольные напитки из растительного сырья представлены продукцией известных мировых брендов. Например, «Isola Bio» (Италия), «Scotti» (Италия), «Alpro» (Бельгия), «Take a Bite» (Испания) и «Aroy-D» (Тайланд). Также данный рынок обеспечивают ведущие российские производители: ООО «Объединение «Союзпищепром» бренд «Здоровое меню» и «Green Milk» (Челябинск), ООО «Южная соковая компания» бренд «Овсяша» (Белореченск), национальная продовольственная группа «Сады Придонья» бренд «Nemoloko» (Волгоград). Все производители выпускают широкую ассортиментную линейку безалкогольных напитков из злаковых культур (овсяное, рисовое, кукурузное, полбяное, гречневое и т. д.), ореха и др. Из зернобобовых культур в промышленном масштабе на территории РФ перерабатывается соя. Необходимо учитывать, что большинство перечисленных сырьевых источников могут являться причиной пищевых аллергий: арахис и продукты его переработки; злаки, содержащие глютен, и продукты их переработки; кунжут и продукты его переработки; люпин и продукты его переработки; орехи и продукты их переработки; соя и продукты ее переработки (ТР ТС 022/2011).

Многочисленные исследования отечественных и зарубежных ученых направлены не только на разработку функциональных биопродуктов на основе растительного сырья, в числе которых гипоаллергенные продукты питания для массового потребления, но и на поиск новых гипоаллергенных источников [8–14]. Для устранения и снижения способности аллергенов вызывать аллергическую реакцию у уязвимой группы людей применяются различные комбинированные методы воздействия на сырье, основанные на базовых классических методах обработки; используются методы генетической модификации сырья с целью подавления нативных генов, кодирующих аллергенные белки; применяются новые гипоаллергенные культуры и сорта отечественной селекции, в числе которых такие культуры, как горох и фасоль [15–18].

Зарубежные производители поставляют на рынок широкий ассортимент гипоаллергенных напитков из гороха. Это бренды «Wunda», «Rippel», «Yo fitt» и «Bolthouse Farms».

В Российской Федерации к гороху и фасоли относятся как к крупяным культурам. Авторы считают, что популярность данных культур и продуктов на их основе зависит от информированности потребителя. Потребители в общих чертах знают об их пользе, но не осведомлены о возможности использования не только в качестве крупяного продукта, но и в технологии производства безалкогольных напитков. Российская Федерация обладает широкой сырьевой

базой для производства безалкогольных напитков из бобовых культур. Основные посевные площади возделывания зернобобовых культур сосредоточены в пяти федеральных округах, каждый из которых имеет свою специализацию. Сибирский и Приволжский федеральные округа занимают лидирующие позиции по возделыванию гороха; фасоль выращивается в небольших количествах в хозяйствах населения (валовый сбор составляет около 6 тыс. т) [19]. Местное производство зерна гороха превышает уровень внутреннего потребления и экспортируется в больших объемах, что является одной из основных статей экспорта РФ [20].

Российская федерация располагает мощным ресурсным потенциалом современных селекционных сортов бобовых. Главным стратегическим направлением научно-практических работ Ф. А. Давлетова, Р. К. Вахитовой, И. И. Ахмадулиной, А. Р. Ашиева, М. М. Плетневой, М. А. Копыловой, Н. Г. Казыдуб и др. ученых является селекция зерна бобовых культур (фасоли и гороха), где важное место занимает не только создание, но и широкое применение новых сортов селекции гороха в условиях Предуралья Республики Башкортостан и фасоли в южной лесостепи Западной Сибири. В результате проведенной целенаправленной работы по системной комплексной оценке качества сортов гороха (Чишминский 95, Чишминский 229 и Памяти Хангильдина) селекции Башкирского НИИСХ и фасоли сортов (Омичка и Лукерья) селекции Омского ГАУ сделаны выводы о технологическом и фитохимическом потенциале сортов [21]. Выявлены сортовые особенности, обусловленные не только разницей в морфометрических характеристиках, выравненности, окраске, микроскопическом строении зерна, но и в толщине и процентном содержании семенной оболочки, влияющей на проницаемость растворителей, в содержании влаги и крахмала, а также в качественном и количественном аминокислотном составе белка и антиалиментарных соединений. Установлены различия в потребительских качествах этих сортов. Учитывая высокие темпы роста рынка продуктов сегмента «dairy alternatives», не применявшиеся до недавнего времени приемы переработки бобовых культур создадут возможности для внедрения технологических инноваций, позволив реализовать устойчивую производственно-сбытовую цепочку зерна гороха и фасоли. Изучение потребностей и ожиданий потребителя, а также оценка соответствия параметров и характеристик новых продуктов выявленным потребностям и ожиданиям будут определять успех инновационных продуктов на рынке.

Целью настоящего исследования стало выявление востребованности безалкогольного напитка из пророщенного зерна гороха сортов селекции Башкирского НИИСХ и фасоли селекции Омского ГАУ

и целевых продуктов, разрабатываемых на основе растительной дисперсии, а также определение перспективности на рынке, основных потребительских критериев и оценки экономической эффективности разрабатываемых продуктов.

Объекты и методы исследования

В ходе исследования применялись экономико-математические, качественные и количественные методы маркетинговых исследований с использованием различных информационно-коммуникационных технологий по разработанной анкете. Анкета составлена с применением секционного способа построения вопросов: первый блок вопросов анкеты ориентирован на изучение потребителя, спроса на продукты сегмента «dairy alternatives» и информированности потребителя о пользе зерна гороха и фасоли; второй блок направлен на определение и ранжирование потребительских предпочтений (требований) к опытным образцам продуктов из пророщенного зерна гороха и фасоли отечественной селекции.

Исследование проводилось путем личного опроса респондентов в торговых точках сети гипермаркетов «Лента», «Магнит», «Ашан» и «Пятерочка» г. Омска, а также при помощи интернет анкетирования (через адресную рассылку) в период с апреля 2019 по январь 2021 гг. Интернет-анкетирование проводилось с использованием онлайн-сервиса Google. На поставленные вопросы можно было дать более одного варианта ответа.

Расчетное значение репрезентативной выборки с учетом доли признака рассчитывали по формуле (1) [22]:

$$n = \frac{t^2 \cdot p \cdot (100 - p)}{\Delta^2} \quad (1)$$

где t – критерий достоверности; p – заданный размер доверительной вероятности; Δ – предельная ошибка; n – требуемое число наблюдений.

Результаты анкетирования стали основой для расчета коэффициента весомости, который определяли экспертным методом парного сравнения.

Частоту потребительских предпочтений рассчитывали по формуле (2):

$$F_{ij} = \frac{K_{ij}}{c} \quad (2)$$

где c – общее число суждений одного эксперта, связанное с количеством показателей качества (m); K_{ij} – количество предпочтений i -ым экспертом j -го показателя качества; F_{ij} – частота предпочтения i -ым экспертом j -го показателя качества.

Общее число суждений одного эксперта, связанное с количеством показателей качества, рассчитывали по формуле (3):

$$c = \frac{m \cdot (m - 1)}{2} \quad (3)$$

Весовые коэффициенты (N_{ij}) показателей качества рассчитывали по формуле (4):

$$N_{ij} = \sum_{i=1}^n \frac{F_{ij}}{n} \quad (4)$$

Для подтверждения согласованности мнений экспертов и установления их значимости рассчитывали дисперсионный коэффициент конкордации Кендалла (W) по формуле (5):

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot \sum T_i} \quad (5)$$

где S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого показателя качества от среднего арифметического ранга; T_i – число связей (видов повторяющихся элементов) в оценках i -го эксперта; n – количество экспертов; m – количество показателей качества.

Оценку значимости коэффициента конкордации производили, используя критерий согласования Пирсона. Расчет вели по формуле (6). Результаты сравнивали с табличным значением при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$ и определенном числе степеней свободы:

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m \cdot n \cdot (n + 1) + \frac{1}{n - 1} \cdot \sum T_i} \quad (6)$$

Для определения соответствия между натуральными значениями показателей в физических шкалах и психологическими параметрами использовали универсальную вербально-числовую шкалу Харрингтона.

Опытные образцы продуктов на основе растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха сортов Чишминский 95, Чишминский 229 и Памяти Хангильдина и фасоли сортов Омичка и Лукерья вырабатывали на базе кафедр Омского и Башкирского ГАУ согласно разработанной ранее технологии.

Потребительскую оценку опытных образцов проводил коллектив испытателей методами приемлемости, предпочтений и ранжирования предпочтений. Общее количество участников потребительской дегустации составило 30 человек.

В качестве контрольных образцов использовали хлеб из пшеничной муки первого сорта по ГОСТ Р 58233-2018, биомороженое кисломолочное «Десант здоровья» по ТУ 9228-001-28829562-2015, продукт пищевой соевый тофу классический по ТУ 9146-001-90820132-2011, соевый напиток по ТУ 110719-005-969753888-2017 и йогурт соевый «Сойко» по ТУ 9146-010-47558123-15.

Исследование физико-химических показателей опытных и контрольных образцов осуществляли с использованием общепринятых современных инструментальных методов анализа свойств сырья и готовой продукции. Массовую долю жира в образцах определяли по ГОСТ 8756.21-89 и ГОСТ 33926-2016, массовую долю белка по ГОСТ 23327-98. Содержание углеводов определяли фотометрическим методом по ГОСТ 26176-2019. Пищевую и энергетическую ценность рассчитывали для 100 г продукта по результатам исследования.

Результаты и их обсуждение

Для стратегического исследования возможности внедрения новой продукции на рынок определен минимальный размер репрезентативной выборки – 300 человек. Условием стало то, что 50 % респондентов употребляют аналоги молочной продукции, а значении предельно допустимой ошибки – 5 %. В результате исследований получены данные, позволившие составить возрастной портрет потенциального потребителя целевых продуктов сегмента «dairy alternatives» на основе растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли исследуемых

сортов (напиток безалкогольный, бимороженое, продукт пищевой тофу, ферментированный напиток, хлебобулочное изделие).

Из 300 респондентов, принявших участие в анкетировании, на территории Российской Федерации проживают 95,1 %, за пределами – 4,9 % (рис. 1). В опросе были задействованы респонденты всех возрастных групп (рис. 2).

Из 300 опрошенных с разным предписанным и приобретенным социальным статусом (рис. 3), а также разным уровнем дохода 60,6 % составили женщины, а 39,4 % – мужчины.

По мнению респондентов, при выборе (потреблении) продуктов важны критерии безопасности, полезности, стоимости, а также их органолептические показатели. Менее значима торговая марка (рис. 4). Ограничения на передвижение, повсеместный переход на удаленную работу и отсутствие стабильности, связанной с ситуацией глобальной пандемии COVID-19, привели к изменению потребительских предпочтений. Полученные результаты согласуются с выводами, полученными агентством по Глобальному исследованию потребительского поведения за 2020 г. (до и после пандемии) в России [23].

При изучении осведомленности потребителя о продуктах сегмента «dairy alternatives» и выявлении предпочтений были сделаны следующие выводы. Из общего количества ответов респондентов на вопрос «Употребляете ли Вы продукты сегмента «dairy alternatives?» 29,1 % употребляют и отдают предпочтение растительной альтернативе продуктам

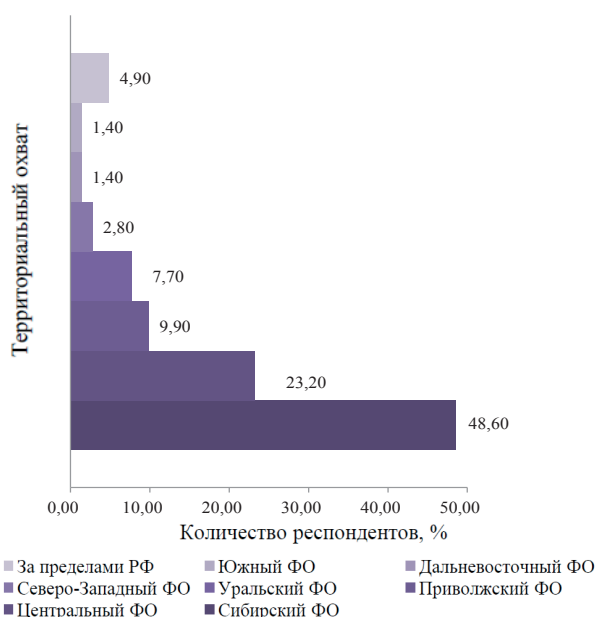


Рисунок 1. Территориальный охват проведенного анкетирования и интервьюирования

Figure 1. Territorial scope of the survey

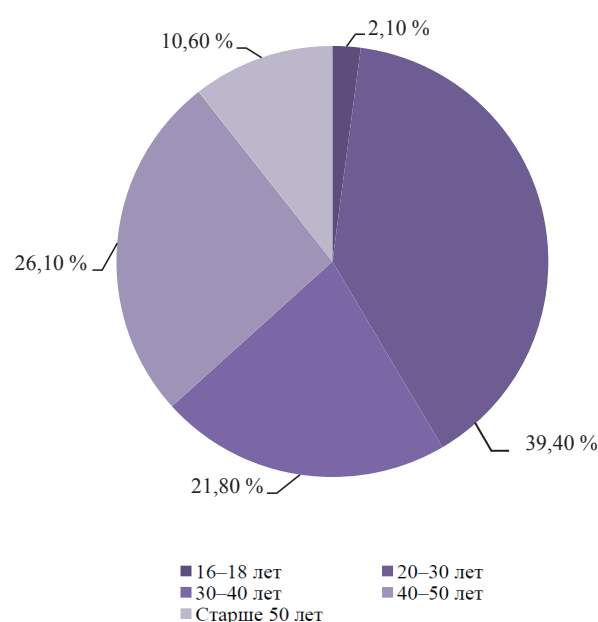


Рисунок 2. Возрастной портрет респондентов

Figure 2. Age profile of the respondents

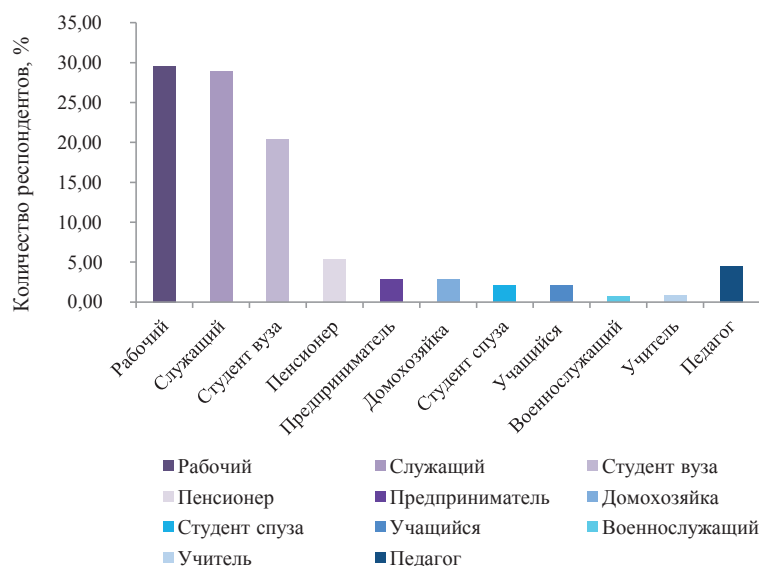


Рисунок 3. Приобретенный (главный) статус респондентов

Figure 3. Social status of the respondents

животного происхождения. 70,9 % пробовали, но не являются постоянными покупателями. Это связано с их высокой стоимостью. Продукты данного сегмента наиболее распространены среди женщин. Они имеют приблизительно равнозначный спрос в возрастных категориях от 20 до 30 лет – 29,4 %, от 30 до 40 лет – 30 %, от 40 до 50 лет – 32 %, менее популярны у лиц старше 50 лет – 7,1 %. Выбор данной продукции связан с разнообразием рациона питания (61,8 %), ведением здорового образа жизни (44,1 %), наличием аллергической реакции на молоко и продукты его переработки (20,6 %), соблюдением религиозных

канонов (14,7 %), популярностью и влиянием рекламы (5,8 %). Только 5,8 % объясняют свой выбор приверженностью к растительному питанию.

Так как при ответе на вопрос «Какой вид продукции Вы приобретаете (употребляете) чаще?» не было установлено ограничений по количеству выбираемой продукции, то ряд респондентов отдал свое предпочтение сразу нескольким видам. Это свидетельствует о возросшем интересе населения регионов к продукции. По результатам ответов респондентов большинство (75 %) предпочитают безалкогольный напиток из растительного сырья, 27,5 % – ферментированные растительные напитки, 32,5 % – тофу, 10 % – растительное вегамороженое. Это позволяет сделать вывод о высоком потенциальном спросе на безалкогольные напитки из растительного сырья. 95,0 % респондентов отдают предпочтение продукции отечественного производства.

Безалкогольные напитки из злаковых культур пользуются повышенным спросом (65 %), приблизительно равнозначный спрос показали напитки из кокоса и сои – 17,5 и 15 % соответственно, 2,5 % предпочитают безалкогольные напитки из ореха. Данное распределение во вкусовых предпочтениях связано с увеличением объемов продаж растительных безалкогольных напитков из злаковых, а именно из овса. Авторы считают, что потребителей недостаточно информируют о пользе, пищевой ценности и безопасности употребления безалкогольных напитков из других культур.

В ходе дальнейшего анкетирования установлено, что 90 % опрошенных знает о глобальной проблеме дефицита белка и ее последствиях, о пищевой ценности и значимости зернобобовых культур (гороха



Рисунок 4. Анализ критериев при выборе (потреблении) продуктов питания

Figure 4. Criteria of consumer decision

Таблица 1. Номенклатура потребительских требований к целевым продуктам сегмента «dairy alternatives» на основе растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли

Table 1. Consumer requirements for related dairy alternatives based on vegetable dispersion from germinated peas and beans

Группа показателей качества	Потребительские требования	Желаемая характеристика			
		Безалкогольный напиток	Ферментированный напиток	Продукт пищевой тофу	Биомороженое
Органолептические	Вкус	Сбалансированный, приятный, сладковатый, со слабо выраженным привкусом солода	Приятный, кислосладкий, со слабо выраженным привкусом солода	Нейтральный	Приятный, в меру кисло-сладкий, со слабовыраженным ароматом и легким привкусом наполнителя
	Запах	Приятный, без посторонних запахов	Приятный, кисломолочный, без посторонних запахов	Отсутствует	
	Цвет	Приятный, с едва уловимым белым или желтоватым оттенком, равномерный по всей массе		Белый, от светло-желтого до желтого, однородный по всей массе	Характерный для данного вида мороженого и используемого наполнителя, равномерный по всей массе
	Консистенция	Однородная по всему объему, без расслоения и ощутимых твердых частиц	Однородная, мягкая, тягучая структура, без ощутимых твердых частиц	Мягкая, пластичная	Плотная, однородная, без ощутимых комочков жира, кристаллов льда
Безопасность пищевой продукции	Безопасность употребления	Натуральность сырья, отсутствие ГМО, консервантов, искусственных ароматизаторов и красителей, гипоаллергенность			
Эргономические	Полезность	Низкая энергетическая ценность. Повышенное содержание белка и низкое содержание жира	Содержание про- и пребиотиков. Низкая энергетическая ценность. Повышенное содержание белка и низкое содержание жира	Без посторонних примесей. Повышенное содержание белка и низкое содержание жира	Содержание про- и пребиотиков. Низкая энергетическая ценность
Экономические	Стоимость продукта	Цена за единицу продукта должна быть приемлемой и аналогичной цене на молоко питьевое пастеризованное	Цена за единицу продукта должна быть приемлемой и аналогичной цене на кисломолочный продукт	Цена за единицу продукта должна быть приемлемой и ниже, чем за единицу сыра сычужного	Цена за единицу продукта должна быть приемлемой и аналогичной цене на кисломолочное мороженое
Хранимo-способность	Продолжительность срока годности	Более 72 ч	Более 72 ч	Более 72 ч	Более 72 ч

Таблица 2. Номенклатура потребительских требований к хлебобулочному изделию (хлеб из пшеничной муки первого сорта) с использованием растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли

Table 2. Consumer requirements for bread made from first-grade wheat flour and a vegetable dispersion from germinated peas and beans

Группа показателей качества	Потребительские требования	Желаемая характеристика
Внешний вид	Поверхность корки	Без крупных трещин и подрывов
	Вкус	Без постороннего вкуса, свойственный данному виду изделия
	Форма	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка
Состояние мякиша	Пористость	Развитая и немного уплотненная
	Пропеченность	Пропеченный, не липкий и не влажный на ощупь, эластичный
	Вкус и запах	Без постороннего вкуса и запаха, свойственные данному виду изделия
	Цвет	Светло-желтый
Безопасность пищевой продукции	Натуральность сырья	Использование продовольственного зерна отечественной селекции
Экономические	Стоимость продукции	Не дороже стоимости традиционного хлебобулочного изделия
Эргономические	Полезность	Без ГМО, консервантов, искусственных улучшителей и красителей. Низкая энергетическая ценность. Повышенное содержание белка и пониженное содержание аллергенов
Хранимоспособность	Продолжительность срока годности	Не менее 48 ч

и фасоли) в питании. Однако при ответе на вопрос «Знаете ли Вы, что в горохе и фасоли отсутствуют ГМО, аллергены, содержится минимальное количество жира и фитоэстрогенов?» 52,9 % опрошиваемых ответили «Да», а 47,1 % «Нет». Большинство потребителей считают одним из основных критериев при выборе (употреблении) продуктов питания экологическую безопасность и устойчивое развитие (планеты, территории проживания) в целом. Однако 98 % опрошенных не информировано о том, что вышеназванные культуры позволяют сформировать устойчивую модель ведения рационального сельского хозяйства. При проведении дальнейшего опроса подавляющее большинство респондентов (82,5 %) высказало желание и готовность покупать (употреблять) безалкогольный напиток и целевые продукты на основе растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли отечественного производства, 12,5 % конкретизировали свою готовность при определенных потребительских условиях. 25 % респондентов употребляли безалкогольный напиток из зерна гороха иностранного производителя.

В результате второго анкетирования на серию вопросов, ориентированных на определение конкретного перечня потребительских требований к разрабатываемым продуктам, был предусмотрен вопрос открытого типа «Составьте, пожалуйста, список Ваших потребительских требований к напитку безалкогольному из пророщенного зерна гороха и фасоли, а также к целевым продуктам на основе растительной дисперсии». Систематизированные ответы на вопрос соотнесены с общепринятыми и существующими показателями качества и стали

основой разработанной номенклатуры (табл. 1 и 2).

Результаты первоначального опроса и составленная номенклатура потребительских требований к безалкогольному напитку и целевым продуктам на основе растительной дисперсии учитывались при формировании макета анкеты второго уровня с целью определения степени значимости потребительских требований. Оценку степени значимости потребительских требований к качеству продукта осуществляли с использованием экспертного метода частичного попарного сравнения. В результате обработки данных определены среднее значение частоты преобладания i -го показателя качества (F_{ij}) и коэффициенты весомости i -го показателя качества (N_{ij}), позволившие установить важность показателей для потребителя по пятибалльной шкале (рис. 5).

Достоверность результатов проведенного выборочного исследования подтверждена ранговым коэффициентом конкордации Кендалла (W), составившим 0,23, и вербально числовой шкалой Харрингтона. Благодаря им сделан вывод о том, что, несмотря на незначительное отсутствие общности мнений, внутри группы экспертов существует согласованность. Полученные результаты положены в основу проектирования конкурентоспособных целевых продуктов с использованием метода структурирования функций качества посредством QFD-методологии (научного метода разветвления функций качества).

Для определения соответствия разработанной продукции потребительским требованиям произведена дегустация. В состав потребительской дегустационной группы входили 15 студентов Омского ГАУ и 15 сту-

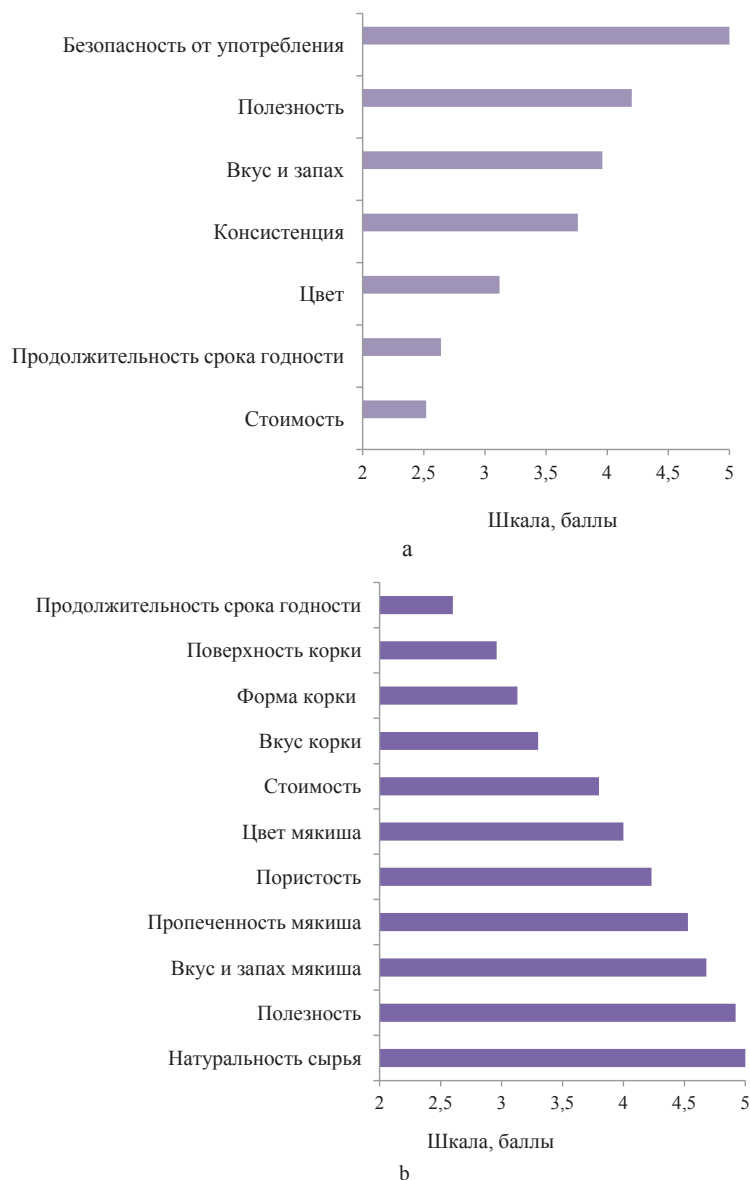


Рисунок 5. Распределение потребительских предпочтений по степени их значимости: а – к безалкогольному напитку из пророщенного зерна гороха и фасоли, а также к целевым продуктам сегмента «dairy alternatives»; б – к хлебу из пшеничной муки первого сорта с использованием растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли

Figure 5. Consumer preferences: а – а non-alcoholic drink made from germinated peas and beans and related dairy alternatives; б – bread made from first-grade wheat flour and a vegetable dispersion from germinated peas and beans

дентов Башкирского ГАУ, относящиеся к целевой аудитории.

В качестве контрольных образцов выступили: хлеб из пшеничной муки первого сорта, продукт пищевой соевый – тофу, биомороженое, ферментированный растительный напиток и растительный белковый напиток из сои. В качестве опытных образцов выступила аналогичная продукция с использованием растительной дисперсии: из пророщенного зерна гороха сорта Чишминский 95 – опытный образец № 1, из пророщенного зерна гороха сорта Чишминский 229 – опытный образец № 2,

из пророщенного зерна гороха сорта Памяти Хангильдина – опытный образец № 3, из пророщенного зерна фасоли сорта Омичка – опытный образец № 4, из пророщенного зерна фасоли сорта Лукерья – опытный образец № 5. Оценка потребительских характеристик (рис. 6) позволила установить соответствие ожиданиям потребителей и дифференцировать сорта для использования, а также выявить показатели, требующие улучшения.

Результаты сравнительной оценки позволяют рекомендовать для производства безалкогольного напитка, ферментированного напитка, биомороженого

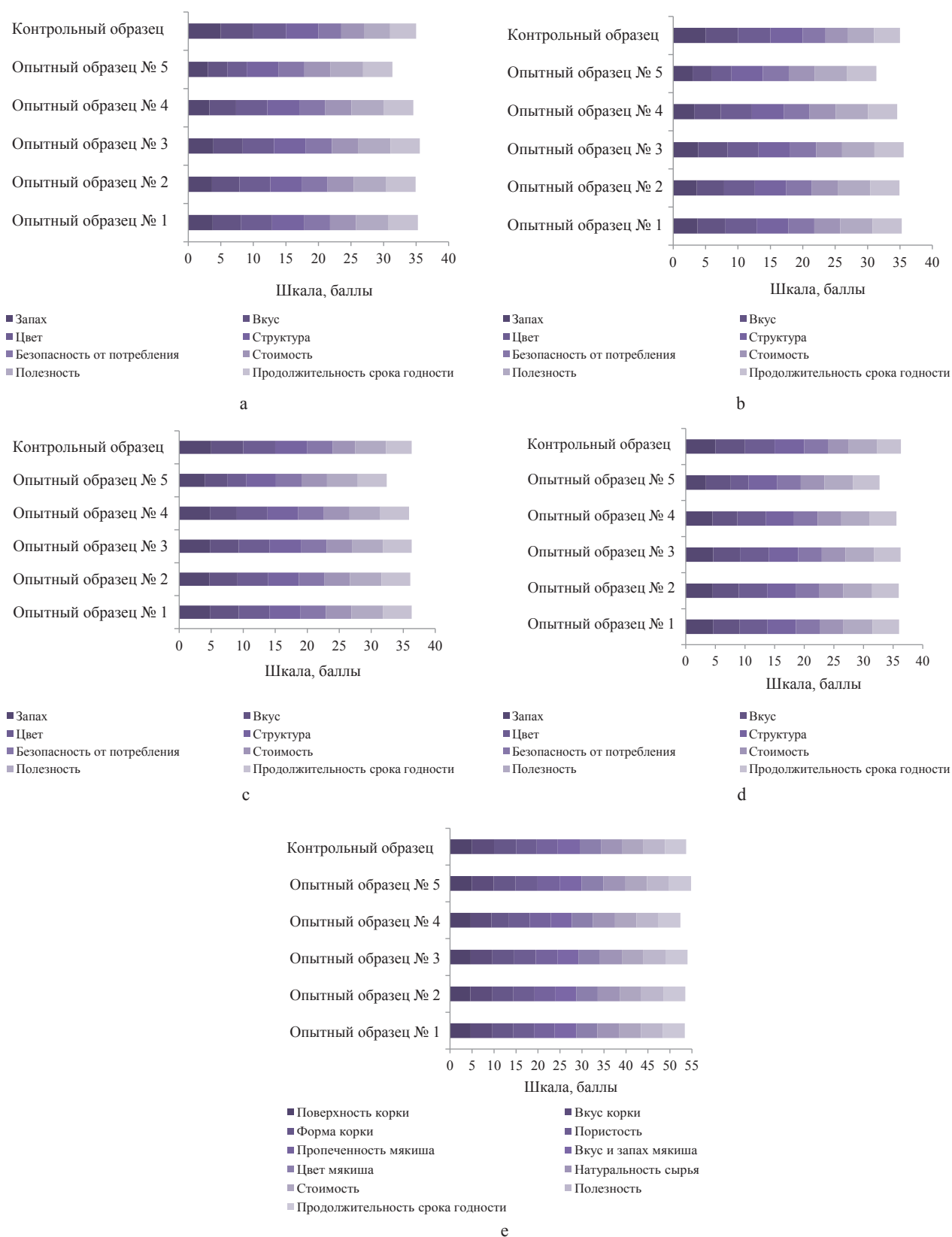


Рисунок 6. Результаты сравнительной оценки потребительских характеристик целевых продуктов: а – безалкогольного напитка; б – ферментированного напитка; в – биомороженого; г – продукта пищевого тофу; е – хлеба из пшеничной муки первого сорта

Figure 6. Comparative assessment of consumer characteristics: а – non-alcoholic drink; б – fermented drink; в – bio ice cream; г – tofu; е – bread from first-grade wheat flour

Таблица 3. Сравнительная оценка пищевой ценности контрольных и опытных образцов

Table 3. Nutritional value: comparative assessment

Наименование образца	Массовая доля жира, %	Массовая доля белка, %	Массовая доля углеводов, %	Энергетическая ценность, ккал/кДж
Напиток безалкогольный				
№ 3	0,50 ± 0,05	3,20 ± 0,01	3,60 ± 0,01	31,7/132,8
№ 4	0,60 ± 0,05	3,20 ± 0,01	3,80 ± 0,01	33,4/139,9
Контрольный	1,00 ± 0,05	2,00 ± 0,01	4,60 ± 0,01	35,4/148,3
Ферментированный напиток				
№ 3*	0,50 ± 0,05	3,20 ± 0,01	3,60 ± 0,01	31,7/132,8
№ 4*	0,60 ± 0,05	3,20 ± 0,01	3,80 ± 0,01	33,4/139,9
Контрольный*	1,90 ± 0,05	3,10 ± 0,1	3,70 ± 0,01	44,3/185,5
Биомороженое				
№ 3**	2,50 ± 0,05	4,20 ± 0,01	17,50 ± 0,01	109,3/457,7
№ 4**	2,50 ± 0,05	4,20 ± 0,01	17,70 ± 0,01	110,1/461,0
Контрольный**	3,00 ± 0,05	3,70 ± 0,01	19,90 ± 0,01	121,4/508,3
Продукт пищевой тофу				
№ 3	0,60 ± 0,05	18,00 ± 0,01	1,50 ± 0,01	83,4/349,2
№ 4	0,70 ± 0,05	19,80 ± 0,01	1,60 ± 0,01	91,9/384,8
Контрольный	4,80 ± 0,05	14,00 ± 0,01	5,30 ± 0,01	120,4/504,1
Хлеб из пшеничной муки первого сорта				
№ 3	0,70 ± 0,05	9,80 ± 0,01	49,00 ± 0,01	241,5/1011,1
№ 5	0,70 ± 0,05	10,20 ± 0,01	48,50 ± 0,01	241,1/1009,4
Контрольный	0,80 ± 0,05	6,90 ± 0,01	46,00 ± 0,01	218,8/916,1

*, ** количество пробиотической микрофлоры в контрольных и опытных образцах биомороженого и ферментированных продуктах не менее 106 КОЕ/г.

*, ** probiotic microflora count in control and experimental samples of fermented milk bio ice cream and fermented products >106 КОЕ/g.

и тофу зерно гороха сортов Чишминский 95, Чишминский 229 и Памяти Хангильдина и фасоль сорта Омичка. Продукты с использованием гороха требуют корректировки органолептических показателей (запах и вкуса), а из пророщенного зерна фасоли нуждаются в корректировке вкуса, запаха и цвета. Несмотря на повышенный фитохимический потенциал зерна фасоли сорта Лукерья, его использование для производства безалкогольного напитка и целевых продуктов сегмента «dairy alternatives» не рекомендовано. Опытные образцы получили минимальную оценку из-за ярко выраженного специфического запаха, неудовлетворительного вкуса и малопривлекательного светло-серого цвета с черным оттенком.

Результаты сравнительной оценки хлеба из пшеничной муки первого сорта с использованием растительной дисперсии из исследуемых сортов свидетельствуют о том, что внесение в тесто растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха сорта Памяти Хангильдина и фасоли сорта Лукерья улучшило органолептические показатели хлебобулочного изделия, по сравнению с контролем, а также повысило его сохраняемость в свежем виде. Мякиш опытных образцов имеет высокую степень деформации и черствеет медленнее, чем

контроль. Хлеб из пшеничной муки первого сорта с использованием растительной дисперсии из пророщенного зерна фасоли сорта Лукерья был отмечен потребителями как лучший опытный образец.

Для дальнейших физико-химических исследований были отобраны образцы с высокими суммарными оценками. Сравнительная оценка пищевой ценности контрольных и опытных образцов представлена в таблице 3.

Содержание токсичных элементов, микотоксинов, антибиотиков, пестицидов и радионуклидов во всех опытных и контрольных образцах соответствовало требованиям ТР ТС 021/2011 и не превышало допустимых уровней.

Комплексный анализ полученных результатов исследований позволил сделать вывод о том, что применение разработанных технологий, использование в качестве гипоаллергенного сырья зерна гороха и фасоли отечественной селекции с повышенным фитохимическим потенциалом и улучшенными экологическими характеристиками, а также отсутствие в рецептурном составе консервантов, искусственных ароматизаторов и красителей позволяют достичь таких потребительских предпочтений, как безопасность и полезность потребления. Достижение такого потребительского предпочтения, как продолжительность срока хранения

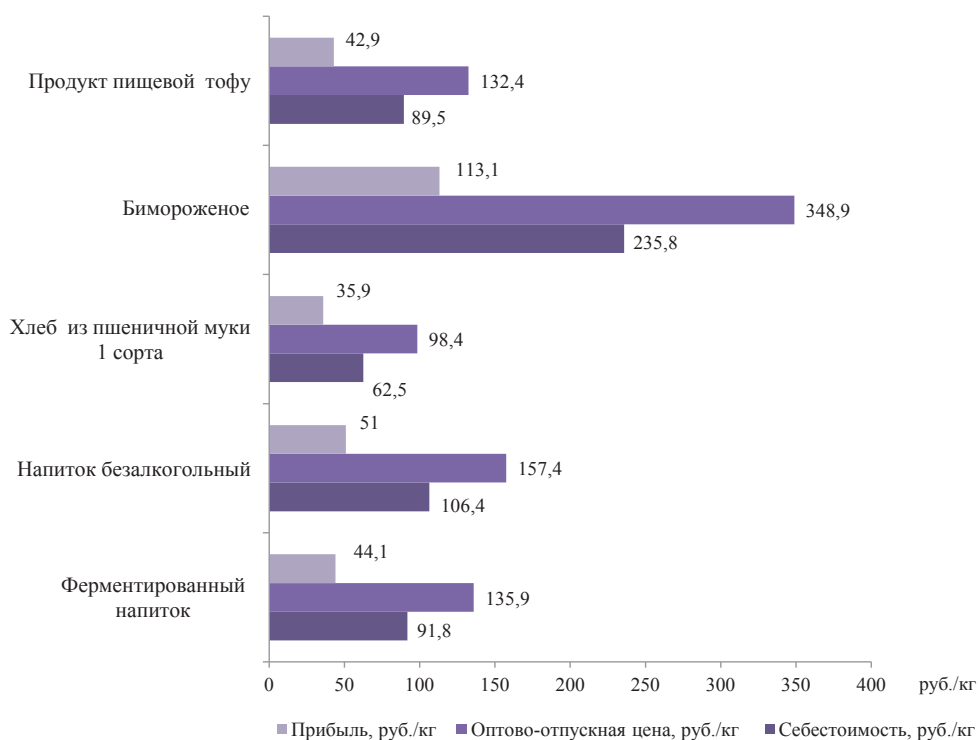


Рисунок 7. Уровень себестоимости, цен и прибыли от реализации продукции на основе растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли отечественной селекции

Figure 7. Cost, price, and profits of products based on a vegetable dispersion made from germinated Russian peas and beans

возможно при использовании комплексного подхода, в основе которого лежат безопасные методы и средства хранения готовой продукции, применение асептической упаковки и безопасных режимов пастеризации.

Аналоги предлагаемой продукции, представленные на потребительских рынках городов Омска и Уфы, отличаются высокой стоимостью и доступны не всем слоям населения. Для первоначального завоевания наименьшей доли рынка узконаправленными видами продукции достаточно, чтобы их выбирали 29,0 % потребителей.

Разработанная продукция будет обладать ценами ниже рыночных аналогов. Снижение расходов на производство и реализацию продукции, а также уровня цен возможно в результате воздействия ряда факторов. Во-первых, из-за непосредственной близости производства к мегаполису, позволяющей снизить затраты на хранение и транспортировку. Во-вторых, из-за постоянного наличия свежих продуктов питания по доступным ценам за счет сокращения периода времени от производства продовольствия до выкладки его на полки магазинов.

Это положительно отразится на потребительском качестве и розничной цене продуктов питания, а также на затратах и доходах производителей. Уровень рентабельности составит не менее 50 % по всем продуктовым позициям (рис. 7).

Выведение новых продуктов на региональный рынок носит как экономическое, так и социальное значение. Использование сырья отечественной селекции позволит местным мелким сельскохозяйственным товаропроизводителям, не имеющим возможности выхода на крупные продовольственные рынки, иметь постоянный рынок сбыта продукции, а предприятиям пищевой промышленности доступное качественное сырье.

Внедрение новых продуктов на региональный рынок имеет как экономический, так и социальный эффект: создаст устойчивую цепочку потребления зерна гороха и фасоли отечественной селекции (табл. 4) [24].

Производство предлагаемых продуктов позволит увеличить долю продуктов местного производства в товарообороте и поступлении налоговых отчислений в региональный бюджет.

Таким образом, местные продукты станут более доступными по цене. Это способствует росту объемов производства сельскохозяйственной отрасли и увеличению внутреннего потребительского спроса населения региона.

Выводы

Проведенные маркетинговые исследования позволили установить, что продукты сегмента «dairy alternatives» стабильно употребляют 29,1 %

Таблица 4. Эффекты от внедрения продукции

Table 4. Market effects

Уровни получателей эффекта		
Региональные органы власти	Сельскохозяйственные товаропроизводители	Потребители
– стимулирование роста производства сельскохозяйственной продукции; – достижение показателей продовольственной безопасности; – рост продовольственной самообеспеченности региона; – обеспечение внутреннего спроса на аграрную продукцию; – развитие пищевой промышленности; – увеличение поступления налогов; – рост занятости населения; – увеличение регионального валового продукта на душу населения; – инвестиционная привлекательность региона	– обеспечение стабильного сбыта сырья и продуктов питания; – стабильный спрос на продовольствие; – снижение потерь на транспортировку; – снижение транзакционных издержек	– гарантированное потребление качественных экологически чистых продуктов питания; – расширение ассортимента качественных продуктов питания; – социальное питание за счет использования местных продуктов питания; – экономическая и физическая доступность продовольствия; – снижение цен и повышение покупательской способности

населения, а 70,9 % не являются постоянными покупателями. Наиболее распространены продукты сегмента среди женщин; имеют приблизительно равнозначный спрос в возрастных категориях от 20 до 30 лет – 29,4 %, от 30 до 40 лет – 30 %, от 40 до 50 лет – 32 %, но менее популярны у лиц старше 50 лет – 7,1 %; основная цель употребления – разнообразие пищевого рациона. Более популярны продукты массового потребления: безалкогольный напиток из злаковых культур (75 %), продукт пищевой тофу (32,5 %) и ферментированные растительные напитки (27,5 %).

Безалкогольный напиток и целевые продукты на основе растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли отечественной селекции отечественными производителями не изготавливаются. Результаты исследования позволяют спрогнозировать высокий спрос при имеющемся дефиците продукции. Анализ потребительского поведения позволил определить конкурентоспособные качественные показатели предлагаемых продуктов питания. При опросе выявлено, что большинство респондентов руководствуются такими критериями, как безопасность продуктов питания, полезность, высокие органолептические показатели и стоимость. Выявлена асимметрия информации: при стереотипном знании культуры питания потребителей недостаточно информируют о пользе бобовых культур (гороха и фасоли), их влиянии на экологию и экономику страны.

Для производства напитков из растительного сырья, биомороженого и продукта пищевого тофу рекомендованы сорта отечественной селекции гороха Чишминский 95, Чишминский

229 и Памяти Хангильдина и фасоли сорта Омичка. Для достижения приемлемости образцов продуктов сегмента «dairy alternatives» по таким органолептическим показателям, как вкус и запах предлагается изучить возможность их комбинирования с другими сырьевыми источниками (низко- и безлактозное молоко, безалкогольные напитки из растительного сырья), а также осуществить подбор натуральных гипоаллергенных вкусоароматических ингредиентов, использование которых позволит достичь желаемых потребительских характеристик. Для производства хлебобулочного изделия (хлеб из пшеничной муки первого сорта) рекомендованы растительные дисперсии из всех исследуемых сортов, но предпочтительнее сорт гороха Памяти Хангильдина и сорт фасоли Лукерья.

Благодаря созданию в Сибирском и Приволжском федеральных округах альтернативного производства продуктов питания сегмента «dairy alternatives» на основе растительной дисперсии из пророщенного зерна гороха и фасоли потребители и поставщики могут получить ряд преимуществ. Производитель сможет самостоятельно и без посредников продвигать свою продукцию. Это значительно снизит затраты на хранение, транспортировку и положительно отразится на потребительском качестве и розничной цене продуктов питания. Близость производства к мегаполису позволит сформировать важное конкурентное преимущество: постоянное наличие свежих продуктов питания по доступным ценам за счет сокращения периода времени от производства продовольствия до выкладки его на полки магазинов.

Критерии авторства

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность

Выражаем благодарность доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заместителю директора по научной работе Башкирского НИИ сельского хозяйства Ф. А. Давлетову за предоставленные селекционные сорта гороха и доктору сельскохозяйственных наук, профессору Омского ГАУ Н. Г. Казыдубу за предоставленные селекционные сорта фасоли.

Contribution

The authors were equally involved in the writing of the manuscript and are equally responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgements

The authors express their sincere gratitude to F.A. Davletov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Deputy Director for Research of the Bashkir Research Institute of Agriculture, for the provided breeding varieties of peas, and to N.G. Kazydub, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Omsk State Agrarian University, for the provided breeding varieties of beans.

References/Список литературы

1. Pavlov IN, Revyakina ES, Elesina VV. Market research of bottled drinking water. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):487–494. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-487-494>
2. Shaposhnikov II, Kosovan AP. Key scenarios of Russian bakery industry development in conditions of the economy digital transformation and rising of global risks. Vsyo o myase. 2020;(55):399–402. (In Russ.). <https://doi.org/10.21323/2071-2499-2020-5S-399-402>
3. Korytova VE, Budrin AG. The market of healthy eating: global and Russian trends. Competitiveness in the Global World: Economics, Science, Technologies. 2017;26(1–1):89–91. (In Russ.).
- Корытова В. Е., Будрин А. Г. Рынок здорового питания: мировые и российский тенденции // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2017. Т. 26. № 1–1. С. 89–91.
4. Bortsova EL, Lavrova LYu, Kalugina IYu. Study of dependencies between the consumer's value system and the quality of food products. Russian Journal of Entrepreneurship. 2017;18(19):2841–2848. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/rp.18.19.38356>
5. Tkachenko VA, Oorzhak VV, Bondarenko YuV, Labutina NV. Marketing research of consumer preferences in choosing bread and bakery products. Bread products. 2021;(7):54–67. (In Russ.). <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2021-30-7-54-57>
6. Sandrakova IV, Reznichenko IYu. Health food consumers research. Practical Marketing. 2019;274(12):22–27. (In Russ.).
- Сандракова И. В., Резниченко И. Ю. Исследование потребителей продуктов здорового питания // Практический маркетинг. 2019. Т. 274. № 12. С. 22–27.
7. Non-GMO and no cow. How vegetable drinks push milk out of market [Internet]. [cited 2021 Nov 15]. Available from: <https://sber.pro/publication/bez-gmo-i-bez-korovy-kak-rastitelnye-napitki-tesniat-moloko>
8. Saleh ASM, Wang P, Wang N, Yang S, Xiao Z. Technologies for enhancement of bioactive components and potential health benefits of cereal and cereal-based foods: Research advances and application challenges. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2019;59(2):207–227. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1363711>
9. Mohamed SA, Awad RA, Elbathavi OI, Salama WM. Production of vegetable yoghurt like from lupin milk. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences. 2019;27(4):2155–2165. <https://doi.org/10.21608/ajs.2019.15670.1069>
10. Kryuchkova KV, Zabodalova LA. Investigation of the possibility of applying cereal and milk-cereal dispersions in the production of fresh and fermented beverages. Food Industry. 2018;(9):64–68. (In Russ.).
- Крючкова К. В., Забодалова Л. А. Исследование возможности применения злаковой и молочно-злаковой дисперсии в производстве пресных и ферментированных напитков // Пищевая промышленность. 2018. № 9. С. 64–68.
11. Bonke A, Sieuwerts S, Petersen IL. Amino acid composition of novel plant drinks from oat, lentil and pea. Foods. 2020;9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040429>
12. Jeske S, Zannini E, Arendt EK. Evaluation of physicochemical and glycaemic properties of commercial plant-based milk substitutes. Plant Foods for Human Nutrition. 2017;72(1):26–33. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0583-0>

13. Ziarno M, Zaręba D, Henn E, Margas E, Nowak M. Properties of non-dairy gluten-free millet-based fermented beverages developed with yoghurt cultures. *Journal of Food and Nutrition Research*. 2019;58(1):21–30.
14. Ludena Urquizo FE, García Torres SM, Tolonen T, Jaakkola M, Pena-Niebuhr MG, von Wright A, *et al.* Development of a fermented quinoa-based beverage. *Food Science and Nutrition*. 2017;5(3):602–608. <https://doi.org/10.1002/fsn3.436>
15. Nawaz MA, Tan M, Øiseth S, Buckow R. An emerging segment of functional legume-based beverages: A review. *Food Reviews International* 2020:1–39. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1762641>
16. Han KY, Choi JY. Quality characteristic and antioxidant activity analysis of soybean milk added chickpea. *Korean Journal of Food and Nutrition*. 2017;30(5):1015–1024.
17. Gromov DA, Borisova AV, Bakharev VV. Food allergens and methods for producing hypoallergenic foods. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(2):232–247. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-232-247>
18. Veber AL, Leonova SA, Simakova IV, Esmurzaeva ZhB. The development of a beverage with a dispersion structure from pea grains of domestic selection. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;624. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012127>
19. Gross harvest of agricultural crops [Internet]. [cited 2021 Nov 15]. Available from: <https://www.fedstat.ru/indicator/30950>
20. Russia exported a record amount of grain in history [Internet]. [cited 2021 Nov 15]. Available from: <https://lenta.ru/news/2021/09/27/zerno>
21. Veber AL, Leonova SA, Davletov FA. Phytochemical potential and inhibitory properties of new varieties of leguminous plants. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):281–288. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-281-288>
22. Safronova NB, Korneeva IE. Marketing research. Moscow: Dashkov i K°; 2019. 294 p. (In Russ.).
Сафронова Н. Б., Корнеева И. Е. Маркетинговые исследования. М.: Дашков и К°, 2019. 294 с.
23. Draft policy brief. Impact of the COVID-19 pandemic on food security and nutrition [Internet]. [cited 2021 Nov 15]. Available from: https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/sg_brief_food_security_russian.pdf
24. Stukach VF, Starovoitova NP, Kondrat'eva OV, Dolmatova ON. Industrial concept of regional food aid infrastructure formation in the region. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*. 2020;10(2–1):29–54. (In Russ.).
Индустриальная концепция формирования региональной инфраструктуры продовольственной помощи в регионе / В. Ф. Стукач [и др.] // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2020. Т. 10. № 2–1. С. 39–54.

Новый вид азотсодержащего сырья для использования в технологии дистиллятов



А. Н. Крикунова^{ORCID}, Е. В. Дубинина*^{ORCID},
В. А. Песчанская^{ORCID}, Е. В. Ульянова^{ORCID}

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной,
безалкогольной и винодельческой промышленности^{ORCID}, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 13.10.2021

Поступила после рецензирования: 02.11.2021

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: elena-vd@yandex.ru

© А. Н. Крикунова, Е. В. Дубинина,
В. А. Песчанская, Е. В. Ульянова, 2022



Аннотация.

Зерновые отруби используются в животноводстве и в пищевой промышленности, а также могут применяться в технологии дистиллятов в качестве источников азотистых веществ. Цель работы – сравнительная оценка комплекса водорастворимых азотистых соединений различных видов отрубей и выявление влияния на их состав и концентрацию гранулометрической характеристики.

Исследовали зерно пшеницы, ржи и тритикале, а также зерновые отруби промышленного производства. Определяли общий белок по методу Кьельдаля и модуль крупности. В водной фазе определяли белок по Лоури, аминный азот медным способом, содержание свободных аминокислот с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии.

Установлено, что в отрубях, по сравнению с зерном, повышается содержание общего белка на 16–28 % и доля водорастворимых форм азотистых соединений на 6–29 %, в том числе свободных аминокислот в 1,4–2,3 раза. Доля растворимых белков в ржаных отрубях выше на 15–30 %, чем в других видах. Выявлены отличия между видами отрубей по содержанию отдельных аминокислот. Установлена высокая корреляционная связь между модулем крупности отрубей и массовой концентрацией растворимых белков и свободных аминокислот. Наблюдалось увеличение доли растворимых белков при снижении модуля крупности до 44,1 %. Выявлена линейная зависимость увеличения доли свободных аминокислот в отрубях на 46–54 % при снижении модуля крупности на 0,72–0,85. Выведены уравнения линейной зависимости для каждого вида отрубей.

Научно обоснована перспективность использования водных экстрактов зерновых отрубей в технологии дистиллятов. Оценка азотсодержащего комплекса различных видов зерновых отрубей показала преимущества мелких ржаных отрубей по концентрации растворимых форм белков и содержанию свободных аминокислот. Перспективы исследования – повышение бродильной активности дрожжей на стадии сбраживания сырья при производстве дистиллятов с целью формирования определенных органолептических характеристик.

Ключевые слова. Отруби, азотсодержащий комплекс, гранулометрический состав, свободные аминокислоты, дистилляция

Финансирование. Статья профинансирована Министерством науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России)^{ORCID} и подготовлена в рамках выполнения государственного задания Всероссийским научно-исследовательским институтом пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности (ВНИИПБиВП)^{ORCID} по теме FNEN-2019-00024.

Для цитирования: Новый вид азотсодержащего сырья для использования в технологии дистиллятов / Л. Н. Крикунова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 123–132. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-123-132>

New Nitrogen-Containing Raw Materials in Distillate Technology

Ludmila N. Krikunova^{ID}, Elena V. Dubinina*^{ID},
Violetta A. Peschanskaya^{ID}, Ekaterina V. Ulyanova^{ID}

All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry^{ROR}, Moscow, Russia

Received: 13.10.2021

Revised: 02.11.2021

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: elena-vd@yandex.ru

© L.N. Krikunova, E.V. Dubinina, V.A. Peschanskaya,
E.V. Ulyanova, 2022



Abstract.

Grain bran is used mostly in animal farming and food industry. However, grain bran can also serve as an alternative source of nitrogenous substances in distillate technology. The present research objective was to study the complex of water-soluble nitrogenous compounds in grain bran and to identify the effect of the bran type and its granulometric characteristics on their composition and concentration.

The research featured 30 industrial grain samples of wheat, rye, and triticale, as well as the corresponding bran samples. The total protein was determined by the Kjeldahl method, the size modulus – by sieving. In the bran aqueous phase, the protein content was measured using the Lowry method, the amine nitrogen content – by the copper method, and the free amino acid content – by the high-performance liquid chromatography.

In bran, the content of total protein increased by 16–28%, the proportion of water-soluble forms of nitrogenous compounds increased by 6–29%, and the free amino acids increased by 1.4–2.3 times, if compared with the grain samples. The proportion of soluble proteins in the rye bran was 15–30% higher than in other types. The types of bran had a different content of individual amino acids. A high correlation was observed between the modulus of the bran size, the mass concentration of soluble proteins, and the free amino acids. The proportion of soluble proteins reached 44.1% as the size modulus decreased. The samples of rye bran demonstrated the maximal growth of this indicator. Bran, regardless of the type of raw material and particle size distribution, had a higher concentration of free amino acids in comparison with the original grain. The experiment revealed the following linear dependence: the proportion of free amino acids in bran increased by 46–54% as the size modulus decreased by 0.72–0.85. The article introduces linear dependence equations for each type of bran, as well as the percentage of free amino acids for the change in the size modulus per unit.

Aqueous extracts of small-size rye grain bran proved to have good prospects for distillate technology. According to the evaluation of the nitrogen-containing complex of various grain bran types, small-size rye bran had more advantages in terms of soluble protein forms and free amino acids. Further research will feature the fermentation activity of yeast in distillate production to develop specific sensory properties.

Keywords. Bran, nitrogen-containing complex, particle size distribution, free amino acids, distillation

Funding. The research was funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka^{ROR}) as part of state assignment for the All-Russian Scientific Research Institute of Brewing, Beverage and Wine Industry (VNIIPBiVP^{ROR}) (FNEN-2019-00024).

For citation: Krikunova LN, Dubinina EV, Peschanskaya VA, Ulyanova EV. New Nitrogen-Containing Raw Materials in Distillate Technology. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):123–132. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-123-132>

Введение

Зерновые отруби являются одним из продуктов переработки зерна в мукомольном производстве. Их выход в процентах от массы зернового сырья и биохимический состав определяются рядом факторов.

К первому фактору относится вид зерна. Классическими культурами, перерабатываемыми на предприятиях мукомольно-крупяного производства,

являются пшеница и рожь, реже тритикале (гибрид пшеницы и ржи). Данные виды зерна используются как для выработки хлебопекарной муки, так и муки макаронного назначения. В последнем случае применяется пшеница твердых либо мягких сортов с высокой стекловидностью. Биохимический состав пшеницы, ржи и тритикале, в зависимости от вида, сорта и природно-климатических условий

произрастания зерна, исследовался на протяжении многих лет и считается хорошо изученным. Состав отрубей из этих видов зерна изучен в меньшей степени. Имеются сведения о содержании основных компонентов биохимического состава (крахмал, клетчатка, белок, жир, зольность) пшеничных и ржаных отрубей и отрубей из тритикале [1–3]. В зерновых отрубях, по сравнению с исходным зерном, содержится в 2,5–3,0 раза меньше крахмала, но больше некрахмальных полисахаридов, минеральных веществ и общего белка.

Вторым фактором, который может оказать влияние на биохимический состав зерновых отрубей, является принятая на предприятии схема переработки зерна и сорт получаемой муки. Существуют простые помолы, к которым относятся обойные помолы пшеницы, ржи и односортный 87 %-ный помол ржи; сложные помолы без обогащения промежуточных продуктов (двухсортный 80 %-ный помол ржи, односортный 63 %-ный помол ржи и односортный 85 %-ный помол пшеницы); сложные помолы с сокращенным обогащением промежуточных продуктов; сложные помолы с развитым процессом обогащения и т. д. При сортовом помоле пшеницы в отруби, составляющие около 20 % от массы перерабатываемого сырья, переходит основная часть клетчатки (93,4 %), гемицеллюлозы (80,5 %), жиров (до 62 %) и примерно третья часть от общего содержания белка [4]. Обобщающие данные об основных источниках образования зерновых отрубей, влиянии на их биохимический состав различных технологических приемов, а также способах повышения биодоступности их компонентов представлены в обзоре, сделанном итальянскими и финскими специалистами [5].

В ряде работ при исследовании биохимического состава зерновых отрубей показано высокое содержание в них биологически активных компонентов, в том числе полифенолов (особенно высокое содержание в ржаных отрубях), водорастворимой клетчатки (β -глюкан, арабиноксилан) и резистентного крахмала, обладающих митогенной, антиоксидантной и пребиотической активностями [5–9].

На основе данных по биохимическому составу зерновых отрубей предложен ряд направлений их использования. Зерновые отруби применяют в качестве пищевой добавки, повышающей биологическую ценность продуктов, и при производстве функциональных продуктов питания [10–12]. Оценка водопоглотительной способности пшеничных отрубей и содержания в них компонентов, обуславливающих их активную кислотность, позволяет рекомендовать определенные дозировки при выработке хлеба и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности [13, 14].

Отдельным направлением использования зерновых отрубей является их применение в качестве сырья для выработки пищевых белковых продуктов.

Известны способы получения белковых продуктов, основанные на выделении фракций белков из сырья с использованием щелочных экстрагентов, в том числе с предварительной обработкой ферментными препаратами различного спектра действия [15–19].

Все существующие направления использования зерновых отрубей предполагают переработку пшеничных отрубей. В Российской Федерации зерноперерабатывающие предприятия производят большие объемы ржаной муки. Традиционным для населения нашей страны является потребление ржаного и ржано-пшеничного хлеба. Поэтому ржаные отруби являются доступным сырьевым ресурсом.

Сведений об использовании зерновых отрубей при производстве дистиллятов из различных видов растительного сырья в научной литературе не выявлено. Однако в работах, опубликованных ранее и посвященных исследованию биохимических процессов, влияющих на эффективность производства и формирующих качество зерновых и фруктовых (плодовых) дистиллятов, говорится о целесообразности использования дополнительных источников азотистого питания на стадии сбраживания. Показано, что оптимальные результаты достигаются при использовании активаторов брожения с максимальным содержанием свободных аминокислот и растворимых форм фосфора [20–23]. Используемые промышленно выпускаемые активаторы брожения, преимущественно импортные, повышают стоимость производства. Альтернативным источником факторов роста для дрожжей, исходя из сведений о биохимическом составе и направлениях использования зерновых отрубей, могут быть их водорастворимые компоненты. К основным водорастворимым компонентам азотсодержащего комплекса относят растворимый белок, аминный азот и свободные аминокислоты.

Цель исследования состояла в изучении комплекса азотистых соединений пшеничных и ржаных отрубей и отрубей из тритикале, а также в выявлении влияния на их состав и концентрацию вида отрубей и их гранулометрической характеристики.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования в работе были три образца зерна (пшеница, рожь и тритикале) и 30 образцов зерновых отрубей, полученных с зерноперерабатывающих предприятий: АО «Московский мельничный комбинат № 3» (г. Москва), АО «Зернопродукт» (г. Ногинск), ОАО «Истра-хлебопродукт» (г. Истра), ООО «СКС-торг» (г. Пушкино), ООО «Шахтинский мукомольный завод» (г. Шахты). Отдельные образцы зерновых отрубей получены на промышленной установке Мельник 100 люкс (МСХА им. К. А. Тимирязева) [24].

Оценку гранулометрического состава отрубей проводили по модели крупности (М). Определение

модуля крупности включало рассев образца отрубей через набор сит (диаметром (d) 1,60, 1,25, 1,00, 0,80 и 0,56 мм) и расчет по формуле:

$$M = (d_0 \times P_0 + d_1 \times P_1 + d_2 \times P_2 + \dots + d_n \times P_n) / 100 \quad (1)$$

где d – средний диаметр соседних сит, мм; $P_n = m_n \times 100 / \sum m_i$ – процентное содержание каждой фракции после отсева на ситах, %.

Изучение азотсодержащего комплекса состояло в определении в исходных отрубях общего белка по методу Кьельдаля, растворимого белка по методу Лоури, аминного азота медным способом, а также состава и массовой концентрации свободных аминокислот в водной фазе с пересчетом их массовой доли в исходных отрубях. Для получения сопоставимых результатов степени экстракции водорастворимых азотсодержащих компонентов все образцы зерновых отрубей дополнительно измельчали на лабораторной мельнице до 100 %-ного прохода через сито $d = 0,56$ мм.

Разделение аминокислот проводили с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии на приборе Agilent Technologies 1200 Series («Agilent», США) с хроматографической колонкой Luna 5u C18(2) 150×4,6 мм 5 μ (Phenomenex, США) с предколонкой по методике измерений массовой концентрации свободных аминокислот в алкогольных и безалкогольных напитках методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ФР.1.31.2012.13428). Применяли следующие рабочие параметры жидкостного хроматографа: скорость потока элюента (ацетонитрил/ацетатный буферный раствор) – 1,0 см³/мин, градиент, %: 0–28 мин – 10/90; 29–40 мин – 28/72; 41–50 мин – 25/75; 51–55 мин – 50/50; 56–60 мин – 90/10; 61–63 мин – 10/90.

Перевод азотсодержащих компонентов в водную фазу проводили путем смешивания образца отрубей с дистиллированной водой в соотношении 1:10 и выдержки смеси при температуре 20–25 °С в течение 30 мин при периодическом перемешивании. Отделение водной фракции осуществляли центрифугированием на лабораторной центрифуге при 6000 об/мин.

Обработку экспериментальных данных проводили с использованием методов математической статистики. Математическую интерпретацию

взаимосвязи между значениями гранулометрического состава и содержанием растворимых форм азотсодержащих компонентов осуществляли с использованием программного обеспечения Excel 2010 Microsoft Office.

Результаты и их обсуждение

Сравнительная оценка азотсодержащего комплекса разных видов зерновых отрубей проводилась на основе изучения концентрации общего белка, а также растворимых форм – растворимого белка и аминного азота. В состав растворимого белка, определяемого по методу Лоури, входили азотсодержащие компоненты с амидными (пептидными) связями, а также аминокислотные остатки тирозина и триптофана. Аминный азот представляет собой сумму большинства свободных аминокислот и пептидов, способных образовывать растворимые комплексы с соединениями меди. Установлено, что суммарное содержание азотсодержащих компонентов, характеризующихся величиной показателей общего белка, растворимого белка и аминного азота, больше зависело от исследованного образца, чем от вида переработанного зерна (табл. 1).

Интервалы варьирования массовой доли общего белка, растворимого белка и аминного азота, независимо от вида отрубей, составляли 11,6–15,6, 2,5–6,0 и 2,5–4,8 соответственно.

При расчете доли растворимых белков в составе общих белков отмечена тенденция роста этого показателя в образцах ржаных отрубей от 15 до 30 % по сравнению с пшеничными и тритикалевыми отрубями.

Исследование состава и концентрации свободных аминокислот показало, что основными являются аспарагиновая кислота и аспарагин (табл. 2).

Доля аспарагиновой кислоты в сумме свободных аминокислот составила 20–25 %, а аспарагина – 30–35 %. Выявлены отличия между видами отрубей по содержанию отдельных аминокислот. Пшеничные отруби характеризовались повышенным содержанием триптофана (в 2–2,5 раза), по сравнению с ржаными и тритикалевыми, при низком содержании аланина.

В ржаных отрубях установлено высокое содержание аспарагиновой и глутаминовой кислот и аспарагина. Их суммарная концентрация варьировалась в пределах от 827 до 1202 мг/дм³

Таблица 1. Сравнительная характеристика азотсодержащего комплекса разных видов зерновых отрубей

Table 1. Comparative analysis of the nitrogen-containing complex in different types of grain bran

Вид отрубей	Массовая доля, %			Доля растворимых белков, % в общих белках
	Общий белок	Растворимый белок	Аминный азот	
Пшеничные	11,6–15,6	2,5–5,2	2,5–4,5	20,3–35,9
Ржанные	13,6–14,3	3,4–6,0	3,3–4,8	24,6–42,0
Тритикалевые	13,0–13,9	2,9–4,9	2,9–4,7	22,3–35,3

Таблица 2. Влияние вида зерновых отрубей на содержание свободных аминокислот

Table 2. Effect of grain bran type on free amino acids

Наименование аминокислоты	Содержание, мг%		
	Пшеничные отруби	Ржаные отруби	Тритикалевые отруби
Аспарагиновая	181,0–279,5	242,0–407,4	209,7–287,0
Глутаминовая	40,5–113,0	122,0–190,7	63,5–97,5
Аспарагин	212,0–367,0	463,0–603,5	304,6–351,0
Гистидин	7,0–28,5	15,0–20,1	19,7–22,5
Серин	21,5–41,0	23,5–45,7	25,7–30,0
Глутамин	27,5–144,0	65,0–71,1	44,0–57,5
Аргинин	15,0–20,5	11,5–15,3	10,2–13,5
Глицин	51,5–123,0	34,5–121,3	37,7–78,0
Треонин	45,0–60,0	37,5–88,2	41,1–72,5
Аланин	56,6–84,5	48,0–201,5	58,3–273,5
Тирозин	1,5–3,5	5,5–9,0	4,2–5,5
Валин	10,0–40,5	39,5–54,2	34,3–41,0
Метионин	19,5–20,5	9,0–10,3	4,7–6,5
Триптофан	128,0–191,0	68,0–71,1	59,4–67,0
Изолейцин	11,5–28,5	19,0–22,3	21,3–24,0
Лейцин	14,0–50,5	25,5–29,7	30,8–37,5
Фенилаланин	31,9–41,5	25,5–28,0	27,4–32,0
Лизин	18,5–44,0	16,5–33,2	21,5–28,5
Итого	892,5–1681,0	1269,0–2022,6	1018,1–1525,0

и составила 60–70 %. Данный вид отрубей характеризовался максимальным суммарным содержанием свободных аминокислот, а образцы отрубей из тритикале были ближе к образцам пшеничных отрубей.

Отмечался широкий интервал варьирования содержания как отдельных аминокислот, так и их суммарной концентрации. Это свидетельствует о влиянии биохимического состава зерна и способов его переработки на содержание растворимых аминокислот.

С точки зрения оценки их питательной ценности для размножения дрожжей аминокислоты разделяют на хорошо (аспарагиновая кислота, аргинин, валин, гистидин, изолейцин, триптофан) и плохо усваиваемые (лейцин, метионин, тирозин, треонин, серин, лизин). Доказано, что дрожжевая клетка может ассимилировать большинство аминокислот, кроме пролина. Присутствие естественных питательных сред с широким составом аминокислот, к которым относятся водные экстракты отрубей, повышает ферментативную активность дрожжевых клеток. В этом случае возможна прямая ассимиляция аминокислот дрожжами в процессе их размножения [25, 26]. При ассимиляции аминокислот в результате ферментативного дезаминирования образуются разнообразные летучие компоненты, участвующие в сложении аромата и вкуса спиртных напитков на основе дистиллятов.

В количественном отношении в дистиллятах, независимо от используемого сырья (крахмал-, инулин- и сахаросодержащее, фруктовое), преобладают высшие спирты. Основными являются пропиловый, изобутиловый и изоамиловый. Одним из путей образования данных летучих соединений является их биосинтез из соответствующих аминокислот. Предшественниками пропилового, изобутилового и изоамилового спиртов являются треонин, валин и лейцин. Их содержание в зерновых отрубях незначительно и составляет 1–5 % от суммы свободных аминокислот.

В связи с установленным влиянием исходного биохимического состава сырья на содержание водорастворимых азотистых соединений зерновых отрубей на следующем этапе работы исследовали по одному образцу зерна каждого вида и отруби с различным модулем крупности. Их получили на предприятиях при переработке данного вида зерна по разным технологическим схемам. Условно принято считать отруби с модулем крупности свыше 1,0 крупными, от 0,6 до 1,0 – средними, ниже 0,6 – мелкими.

В результате исследований выявлено, что в отрубях, независимо от гранулометрического состава, повышается содержание общего белка (табл. 3). Это согласуется с данными других авторов [1, 2]. Также в отрубях возрастает содержание водорастворимого белка в 2,0–4,5 раза и аминного азота в 1,5–2,5 раза. Это может быть обусловлено концентрированием в

Таблица 3. Влияние гранулометрического состава и вида сырья на его белковый комплекс

Table 3. Effect of granulometric composition and type of raw material on its protein complex

Наименование сырья	Модуль крупности	Массовая доля, %			Доля растворимых белков, % к общим белкам
		Общий белок	Растворимые белки	Аминный азот	
Пшеница					
Зерно	–	11,3	1,2	1,8	10,6
Отруби № 1	1,34	14,5	2,8	2,7	19,3
Отруби № 2	1,14	14,3	2,8	2,9	19,6
Отруби № 3	0,86	14,1	2,9	3,3	20,6
Отруби № 4	0,49	13,8	5,2	4,5	37,7
Рожь					
Зерно	–	11,7	1,8	2,0	15,4
Отруби № 5	1,25	14,2	3,0	3,3	21,1
Отруби № 6	1,12	14,0	3,5	3,6	25,0
Отруби № 7	0,90	13,8	3,7	4,1	26,8
Отруби № 8	0,53	13,6	6,0	4,8	44,1
Тритикале					
Зерно	–	10,9	1,5	1,9	14,3
Отруби № 9	1,30	13,5	2,9	2,5	21,5
Отруби № 10	1,17	13,7	3,1	3,1	22,6
Отруби № 11	0,71	13,4	3,7	3,9	27,6
Отруби № 12	0,48	13,0	4,9	4,7	37,7

периферийных частях зерна водо- и солерастворимых белков (альбуминов и глобулинов).

Установлена высокая корреляционная связь между модулем крупности отрубей и массовой концентрацией в них растворимых белков. При снижении модуля крупности в образцах отрубей возрастает доля мелких частиц. Растворимые азотсодержащие компоненты концентрируются именно в этих частицах. Концентрация растворимых белков возрастает в 1,5–2,0 раза при снижении модуля крупности отрубей в 2–3 раза. Одновременно отмечено увеличение доли растворимых белков в общих. Максимальный рост данного показателя отмечен для образцов отрубей из ржи и составил 23 %.

Все имеющиеся в литературных источниках данные о составе и концентрации аминокислот в зерне и отрубях относятся к характеристике общих белков и оцениваются с позиции пищевой ценности. В данном исследовании важно было определить возможное влияние вида сырья и гранулометрического состава отрубей на концентрацию свободных аминокислот в водорастворимой части.

Полученные экспериментальные данные (табл. 4–6) позволили установить следующее:

- отруби, независимо от вида сырья и гранулометрического состава, характеризовались повышенной концентрацией свободных аминокислот (в 1,4–2,3 раза), чем в исходном зерне;
- отруби из ржи, по сравнению с отрубями из пшеницы и тритикале, характеризовались повышенным со-

держанием свободных аминокислот на 15–20 и 25–30 % соответственно;

- при снижении модуля крупности на 0,72–0,85 концентрация свободных аминокислот во всех исследованных образцах возрастала.

При переработке пшеницы концентрация свободных аминокислот в отрубях была выше, чем в исходном зерне, в 1,7–2,3 раза за счет увеличения содержания аспарагиновой кислоты в 1,4–1,9 раза, аспарагина в 1,5–2,2 раза и триптофана в 3,4–4,1 раза.

Повышение суммарного содержания свободных аминокислот при переработке ржи составило 1,5–2,0 раза, а при переработке тритикале – 1,4–1,9 раза. В отличие от пшеницы в этих видах отрубей вклад в повышение концентрации свободных аминокислот, наряду с аспарагиновой кислотой и аспарагином, внес аланин, содержание которого повышалось на 2,4–5,0 раза.

Установлено, что суммарная концентрация свободных аминокислот в образцах отрубей из ржи, по сравнению с аналогичными по гранулометрическому составу образцами отрубей из пшеницы, была выше на 17–22 % для крупных отрубей, на 12 % для средних, на 17 % для мелких. Также отмечено повышенное содержание аспарагина в ржаных отрубях более чем в 1,5 раза. В процессе спиртового брожения аспарагин в результате переаминирования превращается в аспарагиновую кислоту, которая относится к легко усвояемым дрожжами аминокислотам.

Оценка содержания свободных аминокислот в аспекте их влияния на образование летучих

Таблица 4. Концентрация свободных аминокислот в образцах зерна и отрубей из пшеницы

Table 4. Concentration of free amino acids in wheat grain and bran

Наименование аминокислоты	Содержание, мг%				
	Зерно	Отруби			
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Аспарагиновая	148,0	201,5	205,8	207,0	279,5
Глутаминовая	43,5	77,5	98,6	113,0	113,0
Аспарагин	168,5	259,0	262,3	277,5	367,0
Гистидин	13,5	9,5	12,7	25,0	28,5
Серин	19,0	44,0	49,5	54,5	41,0
Глутамин	100,0	32,5	52,6	84,0	144,0
Аргинин	6,5	17,5	20,1	25,5	20,5
Глицин	33,0	68,0	83,3	96,0	123,0
Треонин	22,0	63,5	70,1	75,0	60,0
Аланин	34,0	138,0	140,4	142,0	84,5
Тирозин	5,0	2,0	2,0	2,5	3,5
Ванин	22,0	31,5	35,6	41,5	40,5
Метионин	6,5	12,5	12,9	14,0	20,5
Триптофан	56,5	193,5	211,8	232,5	191,0
Изолейцин	11,5	20,2	22,3	26,0	28,5
Лейцин	21,5	36,0	46,6	51,0	50,5
Фенилаланин	20,5	41,0	44,2	50,0	41,5
Лизин	14,5	29,5	46,6	50,5	44,0
Итого	746,0	1277,0	1417,4	1567,5	1681,0

Таблица 5. Концентрация свободных аминокислот в образцах зерна и отрубей из ржи

Table 5. Concentration of free amino acids in rye grain and bran

Наименование аминокислоты	Содержание, мг%				
	Зерно	Отруби			
		№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Аспарагиновая	275,7	321,4	333,5	317,7	407,4
Глутаминовая	98,3	115,2	157,1	190,3	190,7
Аспарагин	384,7	508,5	520,2	534,0	603,5
Гистидин	5,1	10,9	13,7	19,9	20,1
Серин	15,0	25,2	26,9	45,0	45,7
Глутамин	52,3	68,5	71,2	70,3	71,1
Аргинин	15,1	12,0	12,4	13,0	15,3
Глицин	17,6	59,6	67,6	88,6	121,3
Треонин	9,2	58,7	60,4	67,7	88,2
Аланин	58,9	150,4	152,3	175,6	201,5
Тирозин	7,1	6,5	6,0	8,5	9,0
Ванин	30,3	43,8	42,4	53,5	54,2
Метионин	4,2	10,2	9,5	10,7	10,3
Триптофан	14,7	70,4	71,2	70,0	71,1
Изолейцин	10,3	21,9	22,0	24,5	22,3
Лейцин	7,2	20,6	26,7	28,9	29,7
Фенилаланин	10,6	27,3	26,1	27,7	28,0
Лизин	9,9	12,8	17,3	24,4	33,2
Итого	1036,2	1543,9	1636,5	1770,3	2022,6

Таблица 6. Концентрация свободных аминокислот в образцах зерна и отрубей из тритикале

Table 6. Concentration of free amino acids in triticale grain and bran

Наименование аминокислоты	Содержание, мг%				
	Зерно	Отруби			
		№ 9	№ 10	№ 11	№ 12
Аспарагиновая	170,3	215,2	229,7	270,0	271,1
Глутаминовая	52,4	60,7	63,5	85,3	90,3
Аспарагин	252,7	299,8	304,6	310,1	327,7
Гистидин	10,5	18,1	19,7	20,5	20,5
Серин	11,3	22,6	25,7	26,7	29,6
Глутамин	30,8	40,3	44,0	50,2	51,3
Аргинин	10,5	10,8	10,2	11,7	11,6
Глицин	20,6	35,6	37,7	63,0	62,5
Треонин	18,4	20,8	41,1	72,4	70,3
Аланин	41,2	99,3	108,3	160,6	204,4
Тирозин	4,7	4,5	4,2	4,7	5,0
Ванин	30,3	33,6	34,3	40,7	41,0
Метионин	5,0	4,8	4,7	5,0	6,1
Триптофан	30,3	109,0	109,4	166,3	163,5
Изолейцин	22,5	22,1	21,3	22,1	24,0
Лейцин	32,7	29,5	30,8	36,0	37,5
Фенилаланин	21,6	26,3	27,4	30,1	31,9
Лизин	24,2	21,4	21,5	27,5	27,6
Итого	790,0	1074,4	1138,1	1402,9	1485,9

компонентов, определяющих характер и оттенки аромата спиртных напитков, показала преимущество ржаных отрубей. В мелких ржаных отрубях содержалось на 30 % больше треонина и на 25 % меньше суммы лейцина и изолейцина.

По содержанию и соотношению свободных аминокислот образцы отрубей из тритикале оказались ближе к образцам из пшеницы, чем из ржи. В мелких отрубях из данного вида зерна содержание глутамина было в 2,5 и в 1,5 раза ниже, чем в пшеничных и ржаных отрубях соответственно. Концентрация триптофана в отрубях из тритикале на 25–30 % ниже, чем в пшеничных отрубях, но выше в 2–2,5 раза, чем в ржаных.

Математическая интерпретация полученных результатов выявила высокую линейную обратно пропорциональную зависимость увеличения доли свободных аминокислот в отрубях по сравнению с их содержанием в зерне соответствующего вида (рис. 1). Как видно из графического материала, выявленные зависимости имеют практически одинаковые значения угла наклона прямых. Обработка графического материала дала возможность вывести уравнения линейной зависимости для каждого из видов отрубей (2)–(4). Они позволят рассчитать содержание свободных аминокислот в образце отрубей на основании данных по содержанию аминокислот в зерне и модуля крупности отрубей:

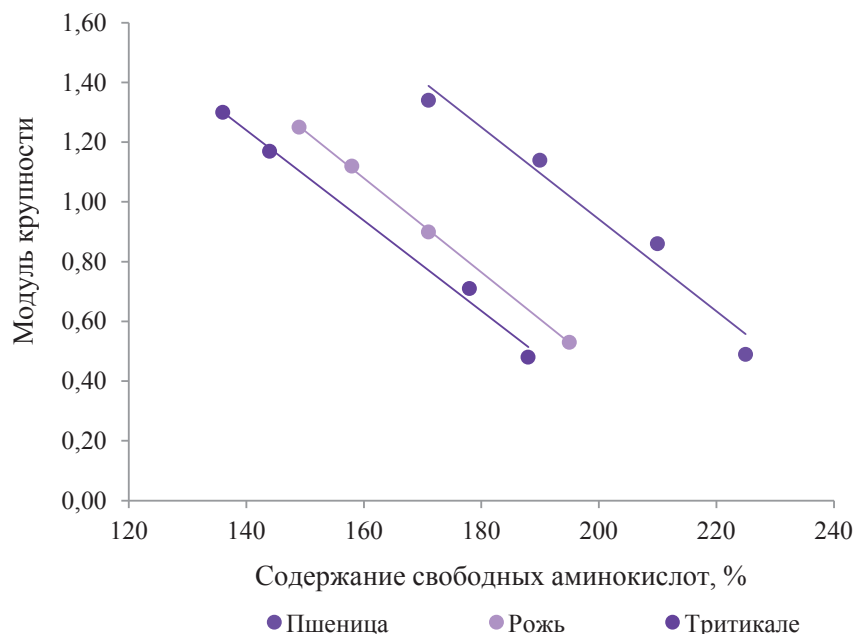


Рисунок 1. Влияние модуля крупности зерновых отрубей на содержание свободных аминокислот

Figure 1. Effect of grain bran size modulus on free amino acids

$$A_o = A_3(Mk252)/100, \% \quad (2)$$

$$A_o = A_3(Mk226)/100, \% \quad (3)$$

$$A_o = A_3(Mk215)/100, \% \quad (4)$$

где A_o – содержание свободных аминокислот в образце отрубей; A_3 – содержание свободных аминокислот в зерне; M – модуль крупности; k – постоянный коэффициент ($k = -60,6$); 252, 226, 215 – эмпирические коэффициенты для каждого вида отрубей.

Из представленных графических данных видно, что снижение модуля крупности на 0,85 для пшеничных отрубей, на 0,72 для ржаных и на 0,82 для отрубей из тритикале привело к увеличению процентного содержания свободных аминокислот для данных видов отрубей на 54, 46 и 52 % соответственно. Рассчитан прирост процентного содержания свободных аминокислот на изменение модуля крупности на одну условную единицу M . Расчетные показатели для отрубей из данных видов зерна имели практически равные значения для пшеничных, ржаных и тритикалевых отрубей и составили 63,5, 63,9 и 63,4 % соответственно.

Полученные результаты дают возможность научно обосновать перспективы нового направления использования зерновых отрубей. Оценка водорастворимых азотсодержащих компонентов зерновых отрубей показала, что доля растворимых белков составляет в среднем 30 % от общего содержания белка. Выявлена высокая корреляционная зависимость содержания растворимых белков и свободных аминокислот от гранулометрического

состава отрубей. Показано преимущество мелких отрубей по переходу азотсодержащих компонентов в жидкую фазу. Установлено, что ржаные отруби характеризовались максимальным процентом перехода азотсодержащих компонентов в водную фазу и оптимальным соотношением свободных аминокислот с точки зрения азотного питания дрожжей и образования ценных летучих компонентов.

Выводы

В работе проведены комплексные исследования оценки водорастворимых азотсодержащих компонентов отрубей из пшеницы, ржи и тритикале – растворимых белков, аминного азота и свободных аминокислот. Массовая доля растворимого белка в образцах варьировалась в пределах 2,5–6,0 %, аминного азота – 2,5–4,8 %, содержание свободных аминокислот составляло для пшеничных отрубей 892,5–1681,0, для ржаных отрубей – 1269,0–2022,6 и для отрубей из тритикале – 1018,1–1525,0 мг%.

В отрубях, по сравнению с исходным зерном, повышается содержание общего белка на 16–28 %, доля водорастворимых форм азотистых соединений на 6–29 %, в том числе свободных аминокислот в 1,4–2,3 раза.

Установлена корреляционная связь между модулем крупности отрубей (M) и массовой концентрацией в них растворимых белков: концентрация растворимых белков возрастает в 1,5–2,0 раза при снижении модуля крупности отрубей в 2–3 раза. Максимальная доля растворимых белков к общим была выявлена в образце мелких отрубей из ржи и составила 44,1 %.

Впервые изучен состав и содержание свободных аминокислот различных видов отрубей. Показано, что максимальным содержанием свободных аминокислот характеризовались отруби из ржи независимо от модуля крупности. Выявлены отличительные особенности содержания отдельных аминокислот в отрубях в зависимости от вида переработанного зерна.

По сравнению с другими видами отрубей ржаные отличались повышенной концентрацией аспарагиновой кислоты и аспарагина – легко усвояемых дрожжами аминокислот. Кроме того, оценка содержания свободных аминокислот в аспекте их влияния на образование летучих компонентов показала, что в мелких ржаных отрубях содержалось на 30 % больше треонина и на 25 % меньше суммы лейцина и изолейцина.

Математическая обработка экспериментальных данных выявила высокую линейную зависимость от модуля крупности показателя увеличения доли свободных аминокислот в отрубях по сравнению с их содержанием в зерне соответствующего вида. Выведены уравнения линейной зависимости для каждого вида отрубей. Рассчитан прирост процентного содержания свободных аминокислот при изменении модуля крупности на одну условную единицу М.

Полученные результаты показывают перспективность использования зерновых отрубей, в первую очередь мелких ржаных, в технологии дистиллятов в качестве дополнительного источника азотистого питания для дрожжей. Применение

зерновых отрубей на стадии подготовки сырья к дистилляции позволит усилить синтез ароматобразующих компонентов и повысить органолептические характеристики спиртных напитков.

Результаты исследования являются научно обоснованной предпосылкой для углубленного исследования по влиянию водных экстрактов зерновых отрубей на метаболическую активность дрожжей на стадии сбраживания сырья и ее регулирование с целью формирования определенных органолептических характеристик конечного продукта при получении дистиллятов.

Критерии авторства

Авторы в равной степени участвовали в подготовке и написании статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Kazakov ED, Karpilenko GP. Biochemistry of grain and bakery products. St. Petersburg: GIORД; 2005. 512 p. (In Russ.).
2. Казаков Е. Д., Карпиленко Г. П. Биохимия зерна и хлебопродуктов. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 с.
3. Meleshkina EP, Pankratov GN, Pankrat'eva IA, Chirkova LV, Kandrov RK, Vitol IS, *et al.* Triticale. Processing technology. Moscow: FLINTA; 2018. 188 p. (In Russ.).
4. Тритикале. Технология переработки / Е. П. Мелешкина [и др.]. М.: ФЛИНТА, 2018. 188 с.
5. Chalamacharla RB, Harsha K, Sheik KB, Viswanatha CK. Wheat bran-composition and nutritional quality: A review. *Advances in Biotechnology and Microbiology*. 2018;9(1).
6. Pogorelova NA, Moliboga EA, Sarnizckaya NA. The study of the process of polymer bioconversion of wheat bran enzyme preparation of proteolytic activity. *Bulletin of the Omsk State Agrarian University*. 2018;32(4):31–35. (In Russ.).
7. Погорелова Н. А., Молибога Е. А., Сарницкая Н. А. Исследование процесса биоконверсии полимеров пшеничных отрубей ферментным препаратом протеолитического действия // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. Т. 32. № 4. С. 31–35.
8. Verni M, Rizzello CG, Coda R. Fermentation biotechnology applied to cereal industry by-products: Nutritional and functional insights. *Frontiers in Nutrition*. 2019;6. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00042>
9. Buzhylov M, Kaprelyants L, Pozhitkova L, Soboleva A, Kishenya A. Enzymatic modification of wheat bran. *Food Science and Technology*. 2020;14(1):12–21. <https://doi.org/10.15673/fst.v14i1.1643>
10. Bitukova AV, Amelkina AA, Evteev AV, Bannikova AV. New biotechnology for the production of phytocompounds from secondary products of grain processing. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(1):5–13. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-5-13>

8. Luithui Y, Baghya Nisha R, Meera MS. Cereal by-products as an important functional ingredient: effect of processing. *Journal of Food Science and Technology*. 2019;56(1). <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3461-y>
9. Chakraborty M, Budhwar S. Critical analysis of wheat bran as therapeutic source. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*. 2019;3(3):296–303. <https://doi.org/10.31142/ijtsrd21755>
10. Kapreliants L, Zhurlova O. Technology of wheat and rye bran biotransformation into functional ingredients. *International Food Research Journal*. 2017;24(5):1975–1979.
11. Kapreliants L, Zhurlova O, Shpyrko T, Pozhitkova L. Xylooligosaccharides from agricultural by-products: characterization, production and physiological effects. *Food Science and Technology*. 2017;11(3):25–34. <https://doi.org/10.15673/fst.v11i3.606>
12. Koneva SI, Mogucheva EhP. Effect of wheat bran on the quality of bread with high nutritional value. *Polzunovskiy Vestnik*. 2011;(3–2):141–144. (In Russ.).
- Конева С. И., Могучева Э. П. Исследование влияния пшеничных отрубей на качество хлеба повышенной пищевой ценности // *Ползуновский вестник*. 2011. № 3–2. С. 141–144.
13. Gunenc A, Alswiti C, Hosseinian F. Wheat bran dietary fiber: Promising source of prebiotics with antioxidant potential. *Journal of Food Research*. 2017;6(2). <https://doi.org/10.5539/jfr.v6n2p1>
14. Umanskaya SV, Mekhantseva IYu, Riabov AA. Analysis of the possibility of using bran in the production of flour confectionery. *Innovative Technologies in Science and Education (ITNO 2020): Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference (on-line); 2020; Rostov-on-Don. Rostov-on-Don: DGTU-PRINT; 2020. p. 463–466. (In Russ.)*. <https://doi.org/10.23947/itno.2020.463-466>
15. Kolpakova VV, Zajtseva LV, Smirnov EA. Method for obtaining protein product out of bran. Russia patent RU 2250026C2. 2005.
- Способ получения белкового продукта из отрубей: пат. 2250026C2 Рос. Федерация. № 2002132034/13 / Колпакова В. В., Зайцева Л. В., Смирнов Е. А.; заявл. 28.11.2002; опублик. 20.04.2005; Бюл. № 11. 8 с.
16. Meleshkina EP, Krikunova LN, Vitol IS. Method of producing protein product from peripheral parts of grain. Russia patent RU 2612907C1. 2017.
- Способ получения белкового продукта из периферийных частей зерна: пат. 2612907C1 Рос. Федерация. № 2016112584 / Мелешкина Е. П., Крикунова Л. Н., Витол И. С.; заявл. 04.04.2016; опублик. 13.03.2017; Бюл. № 8. 7 с.
17. Alsirrag M. Preparation wheat bran protein concentrate, studying its functional properties. *JOUR*. 2016;02(27): 39–51.
18. Vitol IS, Igoryanova NA, Meleshkina EP. Bioconversion of secondary products of processing of grain cereals crops. *Food Systems*. 2019;2(4):18–24. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-4-18-24>
19. Ulanova RV, Kolpakova VV, Kulikov DS, Evlagina EG. Amino acid composition of protein concentrates from secondary products of food production and alternative raw materials. *Storage and Processing of Farm Products*. 2020;(4):89–103. (In Russ.). <https://doi.org/10.36107/spfp.2020.330>
20. Urošević I, Nikićević N, Stanković L, Anđelković B, Urošević T, Kristić G, et al. Influence of yeast and nutrients on the quality of apricot brandy. *Journal of the Serbian Chemical Society*. 2014;79(10):1223–1234. <https://doi.org/10.2298/JSC140125024U>
21. Pielech-Przybylska K, Balcerek M, Nowak A, Patelski P, Dziekońska-Kubczak U. Influence of yeast on the yield of fermentation and volatile profile of “Węgierka Zwykła” plum distillates. *Journal of the Institute of Brewing*. 2016;122(4):612–623. <https://doi.org/10.1002/jib.374>
22. Oganesyants LA, Krikunova LN, Dubinina EV, Shvets SD. Evaluation of the fermentation activators use prospects in the technology of corneliancherries distillates. *Polzunovskiy Vestnik*. 2020;(3):24–30. (In Russ.).
- Оценка перспектив применения активаторов брожения в технологии дистиллятов из плодов кизила / Л. А. Оганесянц [и др.] // *Ползуновский вестник*. 2020. № 3. С. 24–30.
23. Permyakova LV. Classification of preparatiopns to promote yeast vital activity. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2016;42(3):46–55. (In Russ.).
- Пермякова Л. В. Классификация стимуляторов жизненной активности дрожжей // *Техника и технология пищевых производств*. 2016. Т. 42. № 3. С. 46–55.
24. Kandrov RH. Technological characteristics of wheat-triticale flour. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2019;7(3):13–22. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/food190302>
25. Sarishvili NG, Reytblat BB. Microbiological foundations of wine champagne technology. Moscow: Pishchevaya promyshlennost'; 2000. 363 p. (In Russ.).
- Саришвили Н. Г., Рейтблат Б. Б. Микробиологические основы технологии шампанизации вина. М.: Пищевая промышленность, 2000. 363 с.
26. Walker GM, Stewart GG. *Saccharomyces cerevisiae* in the production of fermented beverages. *Beverages*. 2016;2(4). <https://doi.org/10.3390/beverages2040030>

Особенности осенне-зимнего питания фазана обыкновенного (*Phasianus colchicus*) в Центральном Предкавказье



А. П. Каледин¹, А. В. Маловичко^{1,*},
А. Г. Резанов², А. С. Дроздова¹

¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, Москва, Россия

² Московский городской педагогический университет, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 08.02.2022

Поступила после рецензирования: 01.03.2022

Принята к публикации: 05.03.2022

*e-mail: l-malovichko@yandex.ru

© А. П. Каледин, А. В. Маловичко, А. Г. Резанов,
А. С. Дроздова, 2022



Аннотация.

Фазан является не только объектом охоты, но и помогает в уничтожении вредителей сельскохозяйственных культур. В Ставропольском крае ведутся работы по сохранению видового разнообразия фазана и его рациональному использованию. Изучение пищевого спектра фазана, особенно в осенне-зимний период, является актуальным и может быть использовано для оценки кормовой базы птиц в естественных местах обитания и формирования пищевого рациона при их разведении в условиях неволи.

Объектом исследования является фазан обыкновенный (*Phasianus colchicus*), обитающий в различных типах биотопов на территории Ставропольского края. Анализ пищевого спектра фазана проведен визуальным путем и на основе разбора желудков птиц, добытых охотниками с октября по январь 2011–2021 гг.

Проведено визуальное наблюдение в 8 точках Ставропольского края на линейных маршрутах и трансектах, а также стационарно (из укрытия) в утренние и вечерние часы. Собрано и проанализировано 28 желудков птиц из разных мест и 94 желудка из Степновского района. Анализ содержимого желудков показал, что более 50 % объема растительной пищи составляют семена и зерна, созревшие к моменту добычи фазаном (пшеница, кукуруза, лопух узколистный и т. д.). В некоторых желудках отмечено большое количество муравьев с минимальным содержанием иных кормов.

Фазан в Центральном Предкавказье широко распространен в дачных поселках, садах, тростниковых зарослях вдоль рек, агроценозах и лесополосах. В последние годы фазан проникает в населенные пункты, где осваивает местообитания, близкие к естественным, – озелененную часть дворов с обилием колючих кустарников (лоха, облепихи, ежевики, терна, шиповника), отдаленных от жилой застройки. Фазаны всеядны, их пища разнообразна и состоит из растительных и животных компонентов. Осенне-зимняя диета включает плоды и семена культурных и диких растений, а также личинки насекомых.

Ключевые слова. Фазан, биотопы, пищевой рацион, кормовое поведение, гастролиты

Для цитирования: Особенности осенне-зимнего питания фазана обыкновенного (*Phasianus colchicus*) в Центральном Предкавказье / А. П. Каледин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 133–143. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-133-143>

Autumn and Winter Diet of *Phasianus colchicus* in the Central Ciscaucasia

Anatoly P. Kaledin¹ , Lyubov' V. Malovichko^{1,*},
Alexander G. Rezanov², Lyudmila S. Drozdova¹ 

¹ Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy , Moscow, Russia

² Moscow City University , Moscow, Russia

Received: 08.02.2022

Revised: 01.03.2022

Accepted: 05.03.2022

*e-mail: l-malovichko@yandex.ru

© A.P. Kaledin, L.V. Malovichko, A.G. Rezanov,
L.S. Drozdova, 2022



Abstract.

Pheasants are game birds that feed on many insect pest species. The study of the pheasant food spectrum, especially in the autumn and winter period, is relevant and can be used to assess the food supply of birds in natural habitats and form the diet when they are bred in captivity.

The authorities of the Stavropol Region try to preserve pheasant diversity and rationalize its use. In this respect, pheasants' autumn-winter diet in natural environment is an important research subject that can help poultry farmers.

The research featured the common pheasant (*Phasianus colchicus*) inhabiting various biotopes of the Stavropol Territory. The visual food spectrum analysis was based on the stomachs of birds killed by hunters in October – January 2011–2021.

The morning and evening visual observation included eight observation points located on linear routes and stationary sites of the Stavropol Territory. The analysis featured 94 stomachs obtained from the Stepnoye area and 28 stomachs from other areas of the Stavropol Region. Matured seeds and grains represented more than 50% of the stomach content and included wheat, corn, narrow-leaved oleaster, etc. Some samples contained a large number of ants with a minimal content of other foods. In the Central Ciscaucasia, pheasants inhabit communal gardens, river valleys, agricultural fields, and forest belts. Nowadays, they can be found in urban areas, where they prefer quasi-natural habitats, e.g. green backyards overgrown with such thorny bushes as oleaster, sea buckthorn, blackberry, blackthorn, wild rose, etc. Pheasants are omnivorous; their autumn and winter diet includes cultivated and wild fruits and seeds, as well as insect larvae.

Keywords. Pheasant, biotopes, diet, feeding behavior, gastroliths

For citation: Kaledin AP, Malovichko LV, Rezanov AG, Drozdova LS. Autumn and Winter Diet of *Phasianus colchicus* in the Central Ciscaucasia. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):133–143. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-133-143>

Введение

Фазан обыкновенный (*Phasianus colchicus*) относится к ценным промысловым охотничьим видам птиц, поэтому популярен в любительской и спортивной охоте. Во многих странах фазанов специально разводят в охотничьих хозяйствах, а летом и осенью выпускают для коммерческой охоты, восстановления численности и сохранения видового разнообразия [1]. Этот вид птиц обладает высокой яйценоскостью, а мясо считается диетическим и богатым белками, микроэлементами и витаминами группы В, содержит небольшое количество липидов с низким содержанием насыщенных жирных кислот и холестерина [2–5].

Основные местообитания фазана сочетают два условия: густую растительность, дающую убежище и

пропитание, и близость водоемов. Зимует и гнездится фазан без смены места обитания. В Центральном Предкавказье эта птица обитает в разреженных пойменных лесах с густым подлеском и в долинах рек, придерживаясь участков с наличием зарослей кустарников лоха, облещихи, терна, шиповника, тростника и высоких травянистых растений [6]. Реже встречается на полях, засеянных пшеницей, ячменем и кукурузой, а также в полевых полосах и насаждениях вдоль шоссе и железных дорог. Аналогичные биотопы свойственны для фазана и в других частях ареала [7–14].

Диета фазана сезонная и смешанная: они кормятся не только растительными кормами, но и животными [8, 9, 15–19]. В некоторых исследованиях встречались данные о том, что питание фазанов может разде-

ляться на растительную и животную пищу [9]. Растительная пища включает в себя свыше 160 видов растений [18]. Зимой питание фазанов менее разнообразно, чем осенью. Оно зависит от места обитания, состояния снежного покрова и степени урожайности плодов и семян [20].

Есть мнение, что фазаны вредят дачам и огородам, расклеывая плоды томатов, корнеплоды моркови и клубни картофеля, раскапывают посадки. Однако они поедают семена многих сорных трав, в том числе амброзии полыннолистной, чья пыльца является сильным аллергеном, а поедание данного растения коровами приводит к ухудшению вкусовых качеств молока [21]. Также фазан поедает личинки и имаго вредителей сельскохозяйственных культур: комара долгоножки, жуков листоедов, клопов и колорадского жука [22, 23]. Фазан приносит пользу, уничтожая вредителей сельскохозяйственных культур.

Цель настоящего исследования заключалась в изучении пищевого спектра фазана в осенне-зимнее время в Центральном Предкавказье, а именно в Ставропольском крае.

Объекты и методы исследования

Объектами визуальных наблюдений были места обитания фазана обыкновенного в различных типах биотопов на территории Ставропольского края.

Наблюдения проводились с 2011 по 2021 гг. в 8 точках на линейных маршрутах и трансектах, а также стационарно (из укрытия) в утренние и вечерние часы (рис. 1).

Изучение структуры и характера питания проводилось путем анализа содержимого 123 (один пустой) желудков фазанов, добытых охотниками в осенне-зимнее время (октябрь – январь) с 2011 по 2021 гг. в различных районах Ставропольского края. 94 из них добыты в Степновском районе.

Содержимое желудков сушили в свертках из газетной бумаги в течение 1–2 дней. Просохший материал разбирали на составляющие: гастролиты, семена растений, беспозвоночные, зеленая (травяная) масса и т. д.

Для определения групп кормов использовали классификацию А. Н. Прекопова [24]:

- основная группа – корма, которые встречаются в рационе чаще, чем в 5 % случаев;
- второстепенная группа – корма, которые встречаются в рационе от 1 до 5 % случаев;
- группа случайных кормов – корма, встречающиеся в рационе менее 1 % случаев.

Результаты и их обсуждение

Численность. Плотность населения фазанов в природных ландшафтах зависит от кормового

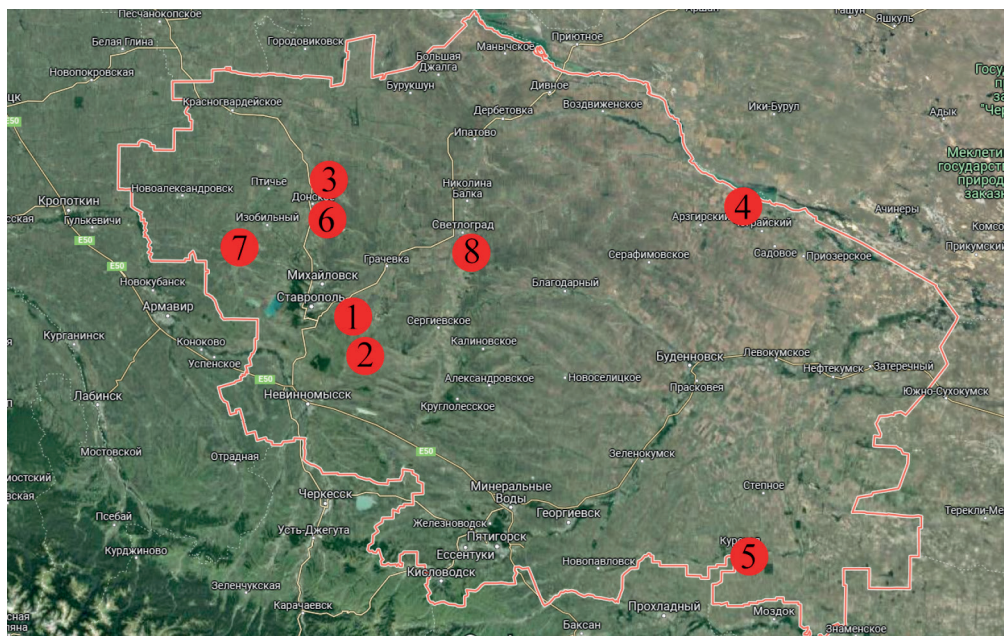


Рисунок 1. Места наблюдения и сбора материала в Ставропольском крае: 1 – поселок Демино, Шпаковский район; 2 – поселок Цимлянский, Шпаковский район; 3 – поселок Солнечнодольск, Изобильненский район; 4 – Чограйское водохранилище, Арзгирский район; 5 – станица Курская, Курский район; 6 – село Донское, Труновский район; 7 – хутор Невдахин, Труновский район; 8 – хутор Солёное озеро, Петровский район

Figure 1. Observation and harvesting points in the Stavropol Region: 1 – Demino village, Shpakovsky district; 2 – Tsimlyansky village, Shpakovsky district; 3 – Solnechnodolsk village, Izobilnensky district; 4 – Chogray reservoir, Arzgir district; 5 – Kurskaya village, Kursk district; 6 – Donskoye village, Trunovsky district; 7 – Nevdakhin village, Trunovsky district; 8 – Solyonoye Ozero village, Petrovsky district

потенциала угодий, в которых обитает данная птица. Благоприятными и ценными считаются угодья, в которых птицы практически не совершают перемещения в течение суток от кормовых станций к защитным. Чем больше расстояние от кормовых станций до защитных, тем больше птицы подвержены влиянию отрицательных факторов (хищники и охотники).

В Иргаклинском заказнике обитает около 150–200 фазанов; найдено 20 гнезд. Несколько раз встречали самок с выводками по 7–8 птенцов. Зимой фазаны кормятся на деревьях лохом, а в конце лета ежевикой и облепихой. В частном домовладении на окраине поселка Бородиновка Минераловодского района с 2015 г. содержится около 10 фазанов. Они кормятся в непроходимых зарослях терна, а также ягодами боярышника. В селах Птичье, Донское и Казинка наблюдали фазанов, которые кормились вместе с курами на хоздворе. В степных районах встречаются фазаны около искусственных посадок сельскохозяйственных объектов: сады, виноградники, лесополосы вдоль полей, автомобильные и железные дороги, бригады, дачные поселки, кошары и др.

Кормовое поведение и диета. Для фазана обыкновенного характерен наземный поиск корма и кормежка в древесно-кустарниковом ярусе, особенно в осенне-зимний период.

По данным прямых наблюдений в Ставропольском крае, литературным данным по кормовому поведению фазанов и при помощи цифрового кодирования выделены следующие кормовые методы, используемые птицами при поиске и добывании корма [25, 26]:

1. Собираение (подбирание) с земли опавших семян и плодов, склевывание беспозвоночных (насекомые, пауки и пр.). На убранных полях подбирают зерна кукурузы, расклевают початки. 27 августа 2021 г. в окрестностях села Птичье на убранном кукурузном поле кормилось 58 фазанов;

2. Разгревание лапами поверхностного слоя грунта (подстилки) для экспонирования пищевых объектов (семена и почвенные беспозвоночные);

3. Выклевание семян с соцветий травянистых растений при нахождении их на земле;

4. Сщипывание вегетативных частей травянистых растений, находясь на земле;

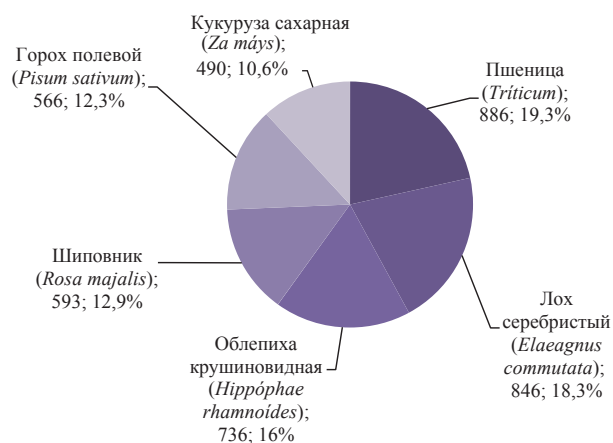
5. Добывание плодов с кустов, находясь на земле. Судя по содержимому желудков и визуальным наблюдениям, ягоды срывают целиком;

6. Подпрыгивание, иногда с подвешиванием для отрывания ягоды, для выклевания зерен из початка кукурузы. Подобное поведение отмечено у домашнего петуха [25];

7. Добывание плодов (срывание целиком) на кустах шиповника, ежевики, лоха узколистного, терна и облепихи;

8. Кормежка плодами лоха, облепихи, боярышника и терна на деревьях.

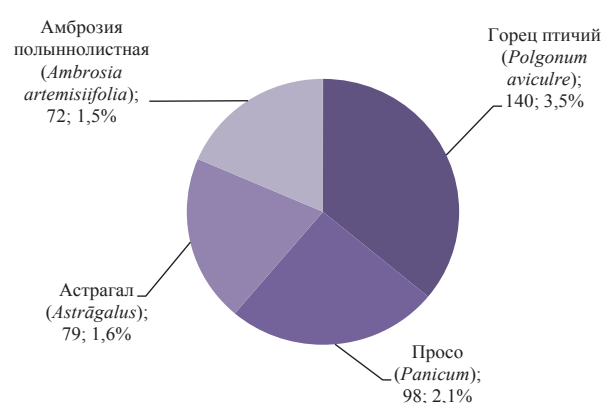
Анализ пищевого спектра. В результате исследования 94 желудков фазанов, добытых охотниками в Степновском районе Ставропольского края с октября по январь 2011–2021 гг., установили, что масса желудка фазана обыкновенного составляет в среднем 43,8 г (37,47–50,45 г). Анализ содержимого желудков показал, что более 50 % объема растительной пищи составляют семена и зерна, созревшие к моменту



*Доля (%%) кормов рассчитана исходя из общей суммы и составляет 89,4 %

Рисунок 2. Основные корма в диете фазана в Степновском районе Ставропольского края (октябрь – январь 2011–2021 гг.), n = 94

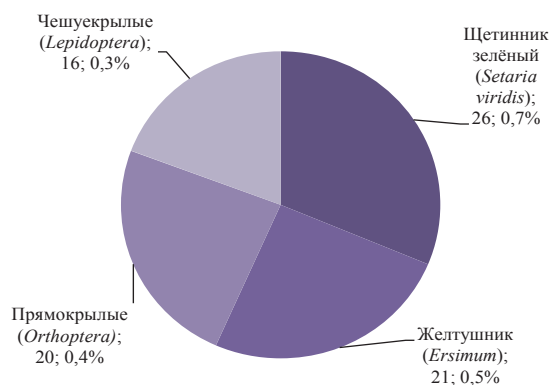
Figure 2. Main components of pheasant diet in the Stepnoye area of the Stavropol Region (October – January 2011–2021), n = 94



*Доля (%%) кормов рассчитана исходя из общей суммы и составляет 8,7 %

Рисунок 3. Второстепенные корма в диете фазана в Степновском районе Ставропольского края (октябрь – январь 2011–2021 гг.), n = 94

Figure 3. Secondary components of pheasant diet in the Stepnoye area of the Stavropol Region (October – January 2011–2021), n = 94



*Доля (%%) кормов рассчитана исходя из общей суммы и составляет 1,9 %

Рисунок 4. Случайные корма в диете фазана в Степновском районе Ставропольского края (октябрь – январь 2011–2021 гг.), n = 94

Figure 4. Accidental components of pheasant diet in the Stepnoye area of the Stavropol Region (October – January 2011–2021), n = 94

добычи фазана. Например, пшеница, кукуруза, лох узколистый и т. д. (рис. 2–4).

Согласно данным, представленным на рисунках 2–4, основными кормами выступают злаки (пшеница и кукуруза), бобовые (горох), лоховые (лох узколистый и облепиха крушинолистная), розоцветные (шиповник). Второстепенными являются астровые (амброзия полыннолистная), бобовые (астрагал), гречишные (горец птичий) и злаки (просо).

К случайным относятся злаки (щетинник зелёный), капустные (желтушник), прямо- (кузнечики, саранча) и чешуекрылые (гусеницы бабочек). Представители класса насекомых в хорошо идентифицируемом виде встречаются редко. Среди них жестко- (жуки), прямо- (кузнечики) и чешуекрылые (бабочки).

В таблице 1 приведены данные по содержанию 25 желудков фазанов (1200 пищевых объектов), добытых охотниками в различных районах Ставропольского края в период 2011–2021 гг.: место № 1 – поселок Демино, Шпаковский район (Деминские брошенные фруктовые сады, 21 октября 2011 г.) место № 2 – поселок Цимлянский, Шпаковский район (сорное поле, 10 сентября 2012 г.); место № 3 – поселок Солнечнодольск, Изобильненский район (окрестности за дачами, 23 ноября 2020 г.); место № 4 – Чограйское водохранилище, Арзгирский район (13 сентября 2019 г.); место № 5 – станица Курская, Курский район (окрестности, 22 ноября 2020 г.); место № 6 – село Донское, Труновский район (лесополоса (старая густая) вдоль кукурузного поля, 14 октября 2021 г.); место № 7 – хутор Невдахин, Труновский район (окрестности, 19 октября 2021 г.); место № 8 – хутор Соленое озеро, Петровский район (окрестности, 16 октября 2021 г.).

Объединенные данные представлены в таблице 2

Судить о преобладании тех или иных кормов в диете фазана сложно. Это связано с тем, что по ежевике идет подсчет целых ягод, ягод терна, облепихи или лоха содержит одну косточку, а плод шиповника много семян. Поэтому по лоху, облепихе

Таблица 1. Содержимое желудков фазанов, добытых в Ставропольском крае 2011–2021 гг., n = 25

Table 1. Stomach contents of pheasants caught in the Stavropol Territory in 2011–2021, n = 25

Вид растения	Содержимое желудков	Встречаемость пищевых объектов, n (%)*							
		Место добычи							
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8
Ежевика	Сухие ягоды	12(12,8)	23(13,4)	–	–	–	–	–	–
Девичий виноград	Косточки	–	–	–	11(6,32)	–	–	–	–
Облепиха	Косточки	44(46,0)	–	–	–	–	–	18(8,1)	–
Терн	Косточки	–	15(8,7)	–	–	–	–	10(5,5)	18(12,3)
Шиповник	Косточки	–	–	–	–	–	54(26,9)	54(24,2)	23(15,6)
Лох	Косточки	–	–	–	88(50,6)	32(35,6)	–	–	37(25,2)
Кукуруза	Дробленая	–	–	–	–	–	21(10,5)	–	–
Солодка	Семена	10(10,6)	–	–	–	–	12(6,0)	34(15,2)	5(3,4)
Амброзия	Семена	28(29,8)	45(26,2)	21(21,2)	44(25,3)	–	65(32,3)	–	–
Вика посевная	Семена	–	22(12,7)	–	–	–	–	–	–
Амарант	Семена	–	67(39,0)	–	–	58(64,4)	49(24,2)	49(22,0)	19(12,9)
Аморфа	Семена	–	–	78(78,8)	–	–	–	58(26,0)	–
Подмаренник	Семена	–	–	–	31(17,8)	–	–	–	–
Сорго	Семена	–	–	–	–	–	–	–	45(30,6)
Итого	1200	94(100)	172(100)	99(100)	176(100)	90(100)	201(100)	223(100)	147(100)

* В круглых скобках указана доля в %%.

*Percentage share.

Таблица 2. Пищевой спектр фазана в Ставропольском крае

Table 2. Pheasant food spectrum in the Stavropol Region

Виды растений	Число семян, плодов	Доля, %
Ежевика	35	2,9
Девичий виноград	11	0,9
Облепиха	62	5,2
Терн	43	3,6
Шиповник	131	10,9
Лох	157	13,1
Кукуруза	21	1,8
Солодка	61	5,1
Амброзия	203	16,8
Вика Посевная	22	1,8
Амарант	242	20,2
Аморфа	136	11,3
Подмаренник	31	2,6
Сорго	45	3,8
Итого	1200	100

и терну ясно, сколько было склевано плодов, а по шиповнику нет.

Можно предположить, что все косточковые плоды и ежевика составляют группу основных кормов. Это подтверждается визуальными наблюдениями в Минераловодском районе. Очевидно несовпадение визуальных наблюдений и данных по желудкам, в которых вся биомасса уже переварена. Преобладают семена (амброзия, аморфа, амарант), а не сырая биомасса. Исключением являются 12 желудков (не учитывались при расчете кормов), в которых отмечена переваренная зеленая масса.

В некоторых желудках было отмечено преобладание компонентов животной природы: большое количество муравьев с минимальным содержанием иных кормов. Животные корма в

августе представлены муравьями, но также встречались остатки кузнечиков, саранчи и гусениц.

Гастролиты. Гастролиты – объекты минерального происхождения (крупные песчинки и камни), которые встречаются в желудках животных. Они способствуют перетиранию плотной и волокнистой пищи, повышая усвояемость кормов, особенно в зимний период [27].

Отмеченные в 27 желудках гастролиты разнообразны по цвету (белые, черные, серые, оранжевые и другие оттенки), форме (уплощенные, шарообразные, неправильной формы) и размеру (табл. 3). Встречаемость гастролитов составила 100 %, доля 55,5 %.

Графики, представленные на рисунках 5–9, демонстрируют обратную зависимость (отрицательная корреляция) числа гастролитов различных цветов в желудке фазана от их диаметра. Зависимость сложная и при генеральном тренде к снижению числа гастролитов отмечается до 1–2 пиков, приходящихся на их различный диаметр. Для белых гастролитов (рис. 5 и 6) выявлено 2 пика, приходящихся на гастролиты диаметром 0,2 и 0,5 см. В случае с черными гастролитами (рис. 9) второй пик знаменует рост их числа в желудках фазанов с увеличением диаметра. Отмеченная тенденция (статистически не значима – $P > 0,05$) связана с предпочтениями птиц в черных гастролитах крупного размера.

В желудках фазанов находили белые (49,6 %) и серые гастролиты (24,9 %) (рис. 10). Так как мы не знаем количественного соотношения гастролитов разных цветов в местах обитания фазана, то невозможно говорить о цветовых предпочтениях фазанов.

Таблица 3. Гастролиты в желудках ($n = 27$) фазанов: число, размер и корреляция между их диаметром и числом в желудках (сентябрь – ноябрь 2011–2021 гг.)Table 3. Gastroliths in pheasant stomachs ($n = 27$): number, size, and correlation between the diameter of gastroliths and their number per stomach (September – November 2011–2021)

Цвет гастролитов	Число гастролитов в желудке	Размер гастролитов, см	Корреляция Пирсона, r
Белые	$8,65 \pm 5,23$ (lim 2–31; SD = 7,11; $P = 0,001$; $n = 20$)	$0,47 \pm 0,14$ (lim 0,1–2,6; SD = 0,57; $P = 0,001$; $n = 173$)	–0,1805
Серые и темно-серые	$6,69 \pm 3,36$ (lim 1–12; SD = 3,68; $P = 0,001$; $n = 13$)	$0,33 \pm 0,06$ (lim 0,1–1,0; SD = 0,156; $P = 0,001$; $n = 87$)	–0,5762
Черные	$3,71 \pm 2,46$ (lim 1–6; SD = 1,98; $P = 0,001$; $n = 7$)	$0,89 \pm 0,41$ (lim 0,1–1,7; SD = 0,63; $P = 0,001$; $n = 26$)	+0,020
Оранжевые	$6,10 \pm 1,38$ (lim 3–11; SD = 3,28; $P = 0,001$; $n = 10$)	$0,70 \pm 0,21$ (lim 0,2–2,1; SD = 0,49; $P = 0,001$; $n = 61$)	–0,6411
Итого	$12,93 \pm 5,17$ (lim 1–40; SD = 8,17; $P = 0,001$; $n = 27$)	$0,5055 \pm 0,0910$ (lim 0,1–2,6; SD = 0,51; $P = 0,001$; $n = 347$)	–0,8451

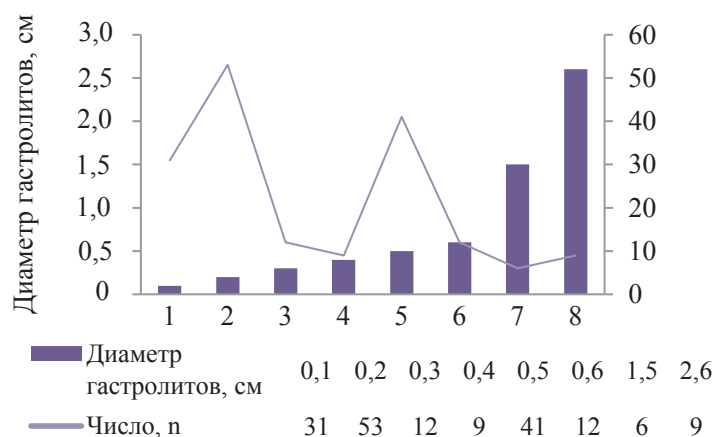


Рисунок 5. Зависимость числа белых гастролитов в желудках фазана от их диаметра

Figure 5. Number of white gastroliths vs. their diameter

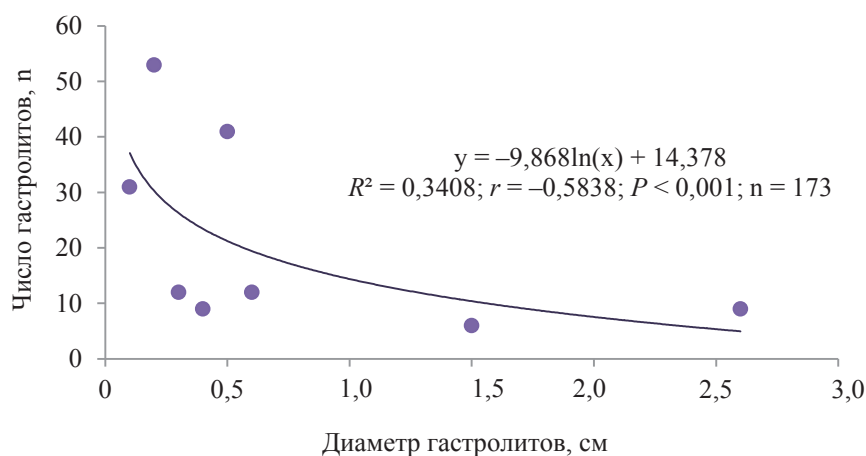


Рисунок 6. Зависимость числа белых гастролитов в желудках фазана от их диаметра

Figure 6. Number of white gastroliths vs. their diameter



Рисунок 7. Зависимость числа серых гастролитов в желудках фазана от их диаметра; по полиному: $r = -0,6728$ ($n = 87; P < 0,001$)

Figure 7. Number of gray gastroliths vs. their diameter; polynomial: $r = -0.6728$ ($n = 87; P < 0.001$)

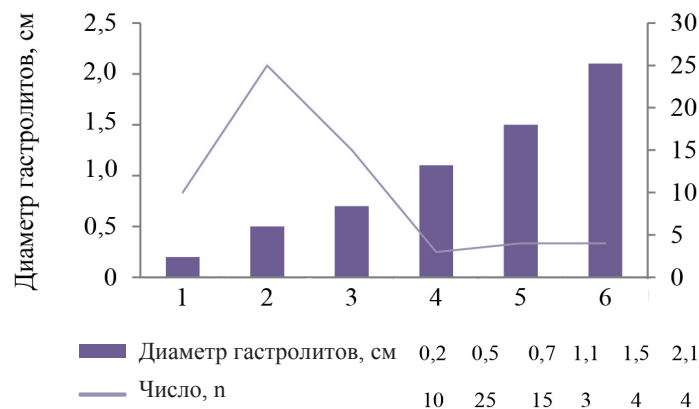


Рисунок 8. Зависимость числа оранжевых гастролитов в желудках фазана от их диаметра; по полиномиальному тренду: $r = -0,6433$ ($n = 61$; $P < 0,001$)

Figure 8. Number of orange gastroliths vs. their diameter; polynomial trend: $r = -0.6433$ ($n = 61$; $P < 0.001$)

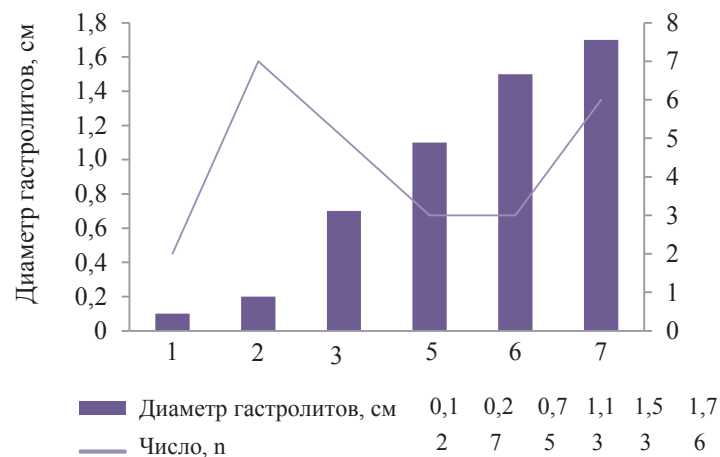


Рисунок 9. Зависимость числа черных гастролитов в желудках фазана от их диаметра; по полиномиальному тренду корреляция положительна: $r = 0,1421$ ($n = 26$; $P > 0,05$)

Figure 9. Number of black gastroliths vs. their diameter; polynomial trend had a positive correlation: $r = 0.1421$ ($n = 26$; $P > 0.05$)

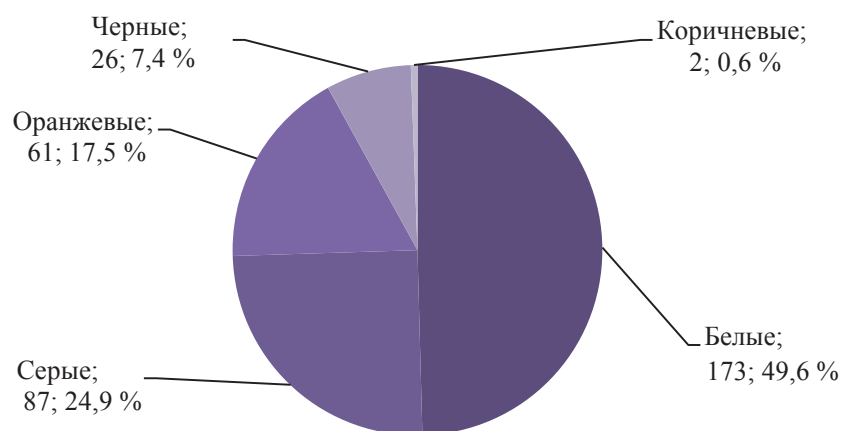


Рисунок 10. Соотношение гастролитов различных цветов в желудках фазана

Figure 10. Ratio of gastroliths of different colors

Выводы

Фазаны всеядны, их пища разнообразна и состоит из растительных и животных компонентов. В разные сезоны в составе диеты наблюдаются различия. Спектр состава кормов коррелирует с обилием и разнообразием локального населения животных и растительности в местах обитания фазана.

Кормовые ресурсы для птиц в зимнее время бедны, поэтому сельскохозяйственные поля становятся одним из основных источников пищи в этот период.

В снежные зимы фазаны выживают, питаясь ягодами, оставшимися висеть на ветвях. Сначала птицы склевывали ягоды с нижних ветвей, а затем с верхних, сидя на них. В первую очередь была съедена облепиха, а затем лох и шиповник.

О зимнем рационе фазанов свидетельствуют цвет найденного помета и косточки. В желудках фазанов обнаружены ягоды облепихи, лоха узколистного и шиповника, а также пшеница, кукуруза и др. Корни и клубни в рационе почти не представлены. В поисках корма птицы роются в подстилке, разгребая ее ногами. При отсутствии ягод (например, в дельте Волги) в большом количестве поедаются луковичи, клубеньки камыша и стрелолиста, корни щавеля и жерухи [23].

Изучение питания фазана обыкновенного подтвердило данные о том, что оно разделяется на растительную и животную пищу. В отдельных случаях обнаружены в зобах фазанов пауки и ящерицы. Это крайне неприхотливая в выборе пищи птица, которая питается теми видами растений и насекомых, которые представлены в наибольшем количестве [22, 23].

Таким образом, основу осенне-зимнего питания фазанов в Ставропольском крае составляют ягоды различных растений и зерно.

Материалы, полученные в результате проведенных исследований, актуализируют информацию о

характере пищевого спектра фазана на территории Ставропольского края.

Критерии авторства

Авторы в равной степени участвовали в подготовке и написании статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаем благодарность доценту кафедры ботаники, селекции и семеноводства садовых растений РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева М. И. Попченко за помощь в определении семян растений.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgements

We express our gratitude to M.I. Popchenko, Associate Professor of the Department of Botany, Selective Breeding, and Seed Production of Garden Plants, Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, for assistance in identifying plant seeds.

References/Список литературы

1. Draycott RAH, Hoodless AN, Sage RB. Effects of pheasant management on vegetation and birds in lowland woodlands. *Journal of Applied Ecology*. 2008;45(1):334–341. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01379.x>
2. Volkova NA, Malko SV. The current state of game resources galliformes birds in the Republic of Crimea. *Universum: Chemistry and Biology*. 2017;34(4):20–23. (In Russ.).
- Волкова Н. А., Малько С. В. Современное состояние охотничьих ресурсов курообразных птиц в Республике Крым // *Universum: Химия и биология*. 2017. Т. 34. № 4. С. 20–23.
3. Di Giuseppe AMA, Russo R, Ragucci S, Landi N, Rega C, Chambery A, *et al.* Myoglobin from common pheasant (*Phasianus colchicus* L.): Purification and primary structure characterization. *Journal of Food Biochemistry*. 2018;42(2). <https://doi.org/10.1111/jfbc.12477>
4. Quaresma MAG, Pimentel FB, Ribeiro AP, Ferreira JD, Alves SP, Rocha I, *et al.* Lipid and protein quality of common pheasant (*Phasianus colchicus*) reared in semi-extensive conditions. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2016;46:88–95. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.11.005>
5. Tkáčová J, Šmehýl P, Pavelková A, Bobko M, Ěubò J, Haščík P, *et al.* Comparison of meat oxidative stability free-rearing and farm-rearing pheasants. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2019;9:453–456. <https://doi.org/10.15414/JMBFS.2019.9.SPECIAL.453-456>

6. Shal'nev VA. Landscapes of the North Caucasus: evolution and modernity. Stavropol: Stavropol State University; 2004. 265 p. (In Russ.).
- Шальнев В. А. Ландшафты Северного Кавказа: эволюция и современность. Ставрополь: Ставропольский государственный университет, 2004. 265 с.
7. Kartashev NN. Quail genus. In: Dement'ev GP, Gladkov NA, editors. Birds of the Soviet Union. Moscow: Sovetskaya nauka; 1952. pp. 133–148. (In Russ.).
- Карташев Н. Н. Род перепелы // Птицы Советского Союза / под ред. Г. П. Дементьева, Н. А. Гладкова. М.: Советская наука, 1952. С. 133–148.
8. Beme RL, Grachev NP, Isakov YuA. Birds of the Soviet Union. Galliformes and gruiformes. Leningrad: Nauka; 1987. 527 p. (In Russ.).
- Беме Р. Л., Грачев Н. П., Исаков Ю. А. Птицы СССР. Курообразные, журавлеобразные. Ленинград: Наука, 1987. 527 с.
9. Potapov RL. Pheasant *Phasianus colchicus* Linnaeus, 1758. In: Beme RL, Grachev NP, Isakov YuA, editors. Birds of the Soviet Union. Galliformes and gruiformes. Leningrad: Nauka; 1987. pp. 119–135. (In Russ.).
- Потапов Р. Л. Фазан *Phasianus colchicus* Linnaeus, 1758 // Птицы СССР. Курообразные. Журавлеобразные / Р. Л. Беме, Н. П. Грачев, Ю. А. Исаков. Ленинград: Наука, 1987. С. 119–135.
10. Likhovid AA, Kharin KV, Shkarlet KYu. Modern faunistic variety of land vertebral landscapes of Stavropol plateau. Science. Innovations. Technologies. 2013;(1):111–116. (In Russ.).
- Лиховид А. А., Харин К. В., Шкарлет К. Ю. Современное фаунистическое разнообразие наземных позвоночных ландшафтов Ставропольской возвышенности // Наука. Инновации. Технологии. 2013. №1. С. 111–116.
11. Stepanyan LS. Conspectus of the ornithological fauna of Russia and adjacent territories (within the borders of the USSR as a historic region). Moscow: Akademkniga; 2003. 806 p. (In Russ.).
- Степанян Л. С. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). М.: Академкнига, 2003. 806 с.
12. Mertz PA. The North-Caucasian pheasant *Phasianus colchicus septentrionalis* in the basin of the Kuban River. Russian Journal of Ornithology. 2019;28(1798):3312–3321. (In Russ.).
- Мертц П.А. Северокавказский фазан *Phasianus colchicus septentrionalis* в бассейне реки Кубани // Русский орнитологический журнал. 2019. Т. 28. № 1798. С. 3312–3321.
13. Komarov YuE, Shvetsov DS. The common pheasant *Phasianus colchicus* in North Ossetia. Russian Journal of Ornithology. 2021;30(2081):2793–2808. (In Russ.).
- Комаров Ю. Е., Шевцов Д. С. Фазан *Phasianus colchicus* в Северной Осетии // Русский орнитологический журнал. 2021. Т. 30. № 2081. С. 2793–2808.
14. Tushkin A, Tushkina A, Matveeva O, Senchik A. Resources of the Manchurian pheasant (*Phasianus colchicus pallasi*) in the Amur region. E3S Web of Conferences. 2020;203. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020301001>
15. Menzibir MA. Birds of Russia. Vol. 1. Moscow: I.N. Kushnerev i K°; 1895. 964 p. (In Russ.).
- Мензбир М. А. Птицы России. Т.1. М.: И. Н. Кушнарев и К°, 1895. 964 с.
16. Kholodkovskiy NA, Silant'ev AA. Birds of Europe. St. Petersburg: A.F. Devriena; 1901. 636 s. (In Russ.).
- Холодковский Н. А., Силантьев А. А. Птицы Европы. СПб.: А. Ф. Девриена, 1901. 636 с.
17. Kuz'mina MA. Galliformes. In: Dolgushin IA, editor. Birds of Kazakhstan Vol. 2. Alma-Ata: Nauka; 1962. pp. 389–487. (In Russ.).
- Кузьмина М. А. Отряд Galliformes – куриные // Птицы Казахстана Т. 2. / под ред. И. А. Долгушина. Алма-Ата: Наука, 1962. С. 389–487.
18. Kuz'mina MA. Tetraonidae and phasianidae of USSR. Alma-Ata: Nauka; 1977. 295 p. (In Russ.).
- Кузьмина М. А. Тетеревиные и фазановые СССР. Алма-Ата: Наука, 1977. 295 с.
19. Cramp S, Simmons KEL. Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa: The birds of the Western Palearctic. Vol. 2. Oxford: Oxford University Press; 1979. 696 p.
20. Nechaev VA, Gorovoy PG. Migrations and features of the winter food allowance of the pheasant (*Phasianus colchicus* L.) in the south of Primorsky Krai. Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences. 2021;220(6):72–76. (In Russ.). https://doi.org/10.37102/0869-7698_2021_220_06_07
21. Caronni S, Gentili R, Montagnani C, Citterio S. Subpollen particle release from different species of the invasive allergenic genus *Ambrosia*: the effect of rainwater composition and wind speed. Aerobiologia. 2021;37(4):785–795. <https://doi.org/10.1007/s10453-021-09722-7>
22. Rakhmanov AI, Bessarabov BF. Phasianidae: keeping and breeding. Moscow: Agropromizdat; 1991. 173 p. (In Russ.).
- Рахманов А. И., Бессарабов Б. Ф. Фазановые: содержание и разведение. М.: Агропромиздат, 1991. 173 с.

23. Sleptsov MM, Gorchakovskaya NN. To the ecology of the manchurian ring-necked pheasant *Phasianus colchicus pallasi*. Russian Journal of Ornithology. 2017;26(1469):2864–2871. (In Russ.).

Слепцов М. М., Горчаковская Н. Н. К экологии уссурийского фазана *Phasianus colchicus pallasi* // Русский орнитологический журнал. 2017. Т. 26. № 1469. С. 2864–2871.

24. Prekopov AN. The golden bee-eater in Ciscaucasia. Proceedings of the Voroshilov State Pedagogical Institute. 1940;3(2):240–442. (In Russ.).

Прекопов А. Н. К биологии золотистой шурки в Предкавказье // Труды Ворошиловского государственного педагогического института. 1940. Т. 3. № 2. С. 240–442.

25. Rezanov AG. Feeding behavior of birds: Generalized method of description and ecological and geographical features. Dr. Sci. Bio. diss. Moscow: Moscow Pedagogical State University; 2000. 417 p. (In Russ.).

Резанов А. Г. Кормовое поведение птиц: генерализованный метод описания и эколого-географические особенности: дис. ... д-ра био. наук. М., 2000. 417 с.

26. Rezanov AG. Feeding behavior of birds: Digital coding method and database analysis. Moscow: Izdat-shkola; 2000. 223 p. (In Russ.).

Резанов А. Г. Кормовое поведение птиц: метод цифрового кодирования и анализ базы данных. М.: Издательство, 2000. 223 с.

27. Alekseev VN. Seasonal variability of the maintenance gastrolite in stomachs of hazel grouses in Southern Urals mountains. Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series. 2015;120(1):18–25. (In Russ.).

Алексеев В.Н. Сезонная изменчивость содержания гастролитов в желудках рябчиков на Южном Урале // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2015. Т. 120. № 1. С. 18–25.

Разработка рейтинговой системы контроля качества сухих напитков функциональной направленности



А. С. Мустафина¹, И. Ю. Резниченко¹,
И. А. Бакин^{1,*}, С. В. Шилов²

¹ Кемеровский государственный университет , Кемерово, Россия

² ООО «Технологии без границ», Бийск, Россия

Поступила в редакцию: 14.09.2021

Поступила после рецензирования: 28.10.2021

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: bakin@kemsu.ru

© А. С. Мустафина, И. Ю. Резниченко, И. А. Бакин,
С. В. Шилов, 2022



Аннотация.

Удовлетворение потребительского спроса на информацию о продукте функционального назначения и его качественных характеристиках является основой конкурентоспособности товара и требует постоянного контроля. Цель исследования – разработка системы количественной оценки качественных характеристик сухих напитков функциональной направленности с помощью многомерных статистических методов анализа, а также выявление главных дескрипторов, отражающих потребительские критерии и органолептические показатели продукта.

Объектами исследования являются сухие напитки функциональной направленности на основе плодово-ягодного сырья (малина, брусника, клюква, черная смородина, черника, облепиха, ежевика, абрикос, персик и яблоко). Применяли методы фокус-группы, дегустационного анализа, разработанную порядковую шкалу и модифицированный метод многомерной статистической оценки (РСА).

Предложена единая балловая шкала для сенсорной оценки сухих напитков функциональной направленности. Она отражает не только нормируемые показатели качества, но и потребительские критерии выбора. Получена рейтинговая система главных дескрипторов, отражающая информацию о потребительских предпочтениях и позволяющая выявить значимые сенсорные характеристики и показатели качества сухих функциональных напитков. На основе кластеризации выделены две группы потребителей функциональных напитков: потребители в возрасте от 18 до 29 лет и от 30 до 59 лет. С учетом возрастных категорий при определении дескрипторов оценки напитков каждой группой установлены свои определяющие показатели качества.

Даны рекомендации в отношении маркировки производителям сухих напитков функционального назначения для повышения конкурентоспособности товара и удовлетворения потребительского спроса на информацию о продукте и его отличительных особенностях. Предложенная шкала может применяться для рейтинговой оценки различных видов напитков функционального назначения на основе плодово-ягодного сырья.

Ключевые слова. Напитки, сырье, потребительские критерии, дескрипторы, анализ РСА

Для цитирования: Разработка рейтинговой системы контроля качества сухих напитков функциональной направленности / А. С. Мустафина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 144–155. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-144-155>

Rating System for Quality Control of Functional Instant Drinks

Anna S. Mustafina¹, Irina Yu. Reznichenko¹,
Igor A. Bakin^{1,*}, Sergey V. Shilov²

¹ Kemerovo State University , Kemerovo, Russia

² LLC Tekhnologii bez granits, Biysk, Russia

Received: 14.09.2021

Revised: 28.10.2021

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: bakin@kemsu.ru

© A.S. Mustafina, I.Yu. Reznichenko, I.A. Bakin,
S.V. Shilov, 2022



Abstract.

Excessive information about a functional product and its qualitative characteristics increases the competitiveness of the product and requires constant monitoring. The present research objective was to develop a rating system of qualitative characteristics for functional instant drinks. The system relied on the method of multidimensional statistical analysis and involved the main descriptors of consumer criteria and sensory properties of the product.

The study featured functional instant fruit and berry drinks, e.g. raspberry, cranberry, black currant, blueberry, sea buckthorn, blackberry, apricot, peach, apple, etc. The methods included a focus group approach, a sensory analysis, a new ordinal scale, and a modified method of multivariate statistical evaluation (PCA).

The authors introduced a unified score scale for sensory evaluation of functional instant drinks, which reflected both standard quality indicators and consumer selection criteria. A modified method of multivariate statistical evaluation (PCA) was used to identify the characteristics that consumers see as the most important. The resulting rating system of the main descriptors reflects the information about consumer preferences and reveals significant sensory characteristics and indicators of quality of functional instant drinks. Clustering revealed two groups of consumers, young people aged 18–29 and those aged 30–59, with their own defining quality indicators.

The article contains some useful labeling recommendations for producers of functional instant beverages. The recommendations can increase the competitiveness of the product and meet consumer demand for information. The new scale can be used for various types of functional fruit and berry drinks.

Keywords. Drinks, raw material, consumer criteria, descriptors, PCA analysis

For citation: Mustafina AS, Reznichenko IYu, Bakin IA, Shilov SV. Rating System for Quality Control of Functional Instant Drinks. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):144–155. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-144-155>

Введение

Рынок функциональных продуктов питания является одним из быстрорастущих из-за новых социально-экономических трендов и повышения осведомленности потребителей о здоровом образе жизни [1–3]. Этот сегмент пищевой промышленности показывает высокие экономические показатели доходности. Ассортимент продукции настолько увеличился, что для потребителя становится проблемой сделать правильный выбор полезных продуктов [4].

Доступность биологически активных соединений продуктов подтверждает их функциональную эффективность в оздоровительно-предупредительных мероприятиях по повышению качества жизни [5, 6]. Обезвоживание функциональных пищевых продук-

тов является альтернативой производству пищевых продуктов с длительным сроком хранения, а также упрощением транспортировки и обращения [6]. Сухие напитки функциональной направленности занимают определенный сегмент потребительского рынка специализированных продуктов и их ассортимент пополняется новыми видами.

Учеными предложены рецептурные композиции функциональных сухих напитков на основе растворимого цикория, пивного сусла, фитоэкстрактов ягод черной смородины, порошковых смесей из плодового, пряно-ароматического, субтропического и лекарственного сырья для производства чайных напитков, полученных на основе натуральных растительных компонентов [7–10]. В исследованиях [11–15] описаны технологические приемы,

основанные на добавлении витаминных премиксов, усиливающих функциональную направленность. Однако не во всех работах приводятся данные о подтверждении функциональной направленности продукта. Это можно объяснить наличием данных только по химическому составу плодово-ягодного сырья и вводимых добавок при отсутствии доказанной эффективности их применения. Изучение биологической ценности плодово-ягодного сырья и антиоксидантной активности, а также наличия красящих и ароматических веществ отразилось на его широком применении в технологиях пищевых продуктов, особенно в напитках [5–9, 12, 15].

Ассортимент сухих напитков разнообразен (морсы, кисели, чайные напитки и пр.). Единые требования к качеству отсутствуют, т. к. подобрать их невозможно из-за различных физико-химических свойств напитков и других показателей. Поэтому актуальной является задача по разработке единой системы оценки, позволяющей определить сенсорные характеристики как основополагающие для потребителя [16, 17].

Существование множества характеристик функциональных продуктов требует их систематизации и ранжирования для выявления главных дескрипторов. Улучшение сенсорных свойств многокомпонентных пищевых продуктов с помощью методов линейного, экспериментального и статистического программирования находит все большее применение в оценке качества пищевых систем [18]. В работе R. Fadhil и R. A. Agustina представлена многокритериальная оценка для сенсорного анализа методами Eckenrode, отражающими значимость характеристик товара и TOPSIS, конкурентоспособность с точки зрения инновационных технологий, удобство использования продукта на основе растительного сырья, а также их практическую значимость при оценке продукта при хранении [19]. Апробированным статистическим способом исследования разнородных нелинейных данных является метод анализа главных компонент PCA (principal component analysis) [20]. Метод используется для выделения физиологических признаков в биометрии и кластеризации генетических характеристик в мультиомных и других исследованиях. Выявление зависимых и независимых переменных как внутри исследуемой системы, так и между их совокупностью основано на выявлении их вариации, уменьшения размерности и процедурах кластеризации [21]. Линейные зависимости позволяют выявить корреляцию в массиве данных и обнаружить выбросы и отклонения при анализе нескольких наборов данных. Преимуществом метода PCA перед кластерным анализом (широко используемым для статистических исследований) является определение общей дисперсии массива данных и выделение общих тенденций и закономерностей. Введение новых компонентов

при отображении данных в пространство более низкой размерности позволяет уменьшить избыточную дисперсию данных и выявить различия в исследуемых данных.

Новизной исследования является предложенная единая балловая шкала для сенсорной оценки сухих напитков функциональной направленности. Она отражает не только нормируемые показатели качества, но и потребительские критерии выбора, а также использование модифицированного метода многомерной статистической оценки (РСА) для выявления важных для потребителей характеристик [22]. Метод анализа главных компонент использован для анализа массива данных дегустационной оценки, предварительно обработанных статистическим методом взвешенных разностей для устранения нелинейности. В результате предложена система главных дескрипторов, отражающих информацию о потребительских предпочтениях, которая позволяет выявить значимые сенсорные характеристики и показатели качества сухих функциональных напитков. Фактические данные, полученные при обработке оценок потребителей по балловой шкале, являются источником для улучшения стратегии предприятия в области менеджмента качества и имеют практическое значение для формирования потребительских критериев, отвечающих их запросам (ГОСТ Р ИСО 10004-2020).

Цель работы – разработка системы количественной оценки качественных характеристик сухих напитков функциональной направленности с помощью многомерных статистических методов анализа, а также выявление главных дескрипторов, отражающих потребительские критерии и органолептические показатели продукта.

Задачи исследования: выявление методом фокус-группы мотивов и критериев выбора сухих напитков функциональной направленности; оценка качества упаковки и маркировки по требованиям действующих нормативных документов; разработка балловой оценочной шкалы на основе результатов фокус-группы с выделением качественных характеристик напитков функциональной направленности; проведение дегустационной оценки объектов исследования с помощью разработанной балловой шкалы; выявление главных дескрипторов, отражающих потребительские критерии и органолептические показатели продукта, с использованием модифицированного статистического метода анализа главных компонент; составление рекомендаций производителям по улучшению потребительских критериев выбора функциональных сухих напитков.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются сухие напитки функциональной направленности разных торговых

марок: кисели, морсы и чай. Характеристика объектов приведена в таблице 1.

Исследования проводили в инженеринговом центре института инженерных технологий Кемеровского государственного университета. Для выявления критериев потребительского выбора сухих функциональных напитков применяли метод фокус-группы (focus group, group discussion) при участии потребителей функциональных напитков. Измерение свойств указанных пищевых продуктов с помощью органов чувств проводили обсуждением с участниками в количестве 9 человек (ГОСТ Р ИСО 20252-2014). На основе результатов фокус-группы разработали балловую шкалу для оценки сенсорных характеристик функциональных напитков. Дегустационную оценку проводили по разработанной балловой шкале при участии 35 независимых потребителей.

Маркировки анализировали в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011. При проведении сенсорной рейтинговой оценки по разработанной балловой шкале опирались на требования ГОСТ 31986-2012. При оценке качества киселей применяли методы анализа согласно ГОСТ Р 56558-2015. При оценке качества сухих чайных напитков и морсов применяли ГОСТ 32593-2013 и ГОСТ 34144-2017 соответственно, а также разработанную балловую шкалу.

Для обобщения и анализа полученных данных применялись методы многомерной статистики. Нахождение главных компонент (дескрипторов) напитков, позволяющих ранжировать нелинейные характеристики и идентифицировать различия в однородных группах исследуемых показателей напитков, позволяет получить количественную оценку влияния потребительских критериев и органолептических показателей на условия выбора потребителей определенного продукта [23].

Процедура анализа PCA для подготовленного набора переменных проводилась для значений ($P > 1,0$), значимых для описания и идентификации большинства вариаций главных дескрипторов. Анализ данных и описание статистик проводилось в среде SPSS Statistics (IBM Corp., Version 24.0, SPSS, Чикаго, США) [23].

Результаты и их обсуждение

Исследование скрытой мотивации потребителей при принятии решения о выборе сухих напитков, имеющих функциональные свойства, проводилось методом фокус-группы. В обсуждении принимали участие 9 потребителей функциональных сухих напитков. Участники отмечали, что мотивом употребления функциональных напитков является пополнение рациона продуктами здорового питания, обеспечение организма необходимыми витаминами и минеральными веществами, удовлетворение

потребности в питье после тренировок и с пользой для здоровья, удобство применения при туристическом отдыхе на открытом воздухе и употребление во время диеты или для снижения веса.

На первом этапе исследования участникам фокус-группы было предложено оценить упаковку и маркировку образцов и отметить важные для них характеристики. Все участники отметили, что упаковка должна быть удобна для применения и вскрытия. Упаковка предложенных образцов недостаточно удобна для вскрытия: упаковка киселей имеет надрез для открывания, а упаковка чая и морса нет. Упаковка киселей дает возможность при покупке увидеть сам продукт и оценить его внешний вид. Недостатком является наличие металлической скобки степлера (сшивателя), которая удерживает этикетку и трудность ее отделения при вскрытии упаковки. Также отмечено, что этикетку можно потерять или хранить отдельно от упаковки.

При оценке такого фактора, как маркировка, вынесенная на этикетку, участники фокус-группы обратили внимание на отсутствие информации о содержании витаминов в порции продукта. Трудность заключается в необходимости пересчета калорийности на одну порцию, т. к. содержание витаминов и энергетическая ценность указаны на 100 г продукта. Если потребитель придерживается определенной нормы энергозатрат в сутки, то это вызывает неудобства. Также выявлено, что на маркировке отсутствует информация о максимальном суточном употреблении напитка и удовлетворении организма в витаминах (в одной порции).

Изучение упаковки и маркировки образцов показало, что упаковка чистая, без посторонних запахов, герметичная. Для всех образцов упаковка сухих напитков соответствует требованиям нормативных документов.

Анализ маркировки на соответствие требованиям ТР ТС 022/2011 показал, что сведения о наименовании продукта, его массе, составе, изготовителе и условиях хранения указаны на всех образцах. Недостатком маркировки является отсутствие сведений о функциональной направленности продукта. Имеющиеся данные указаны недостаточно точно, т. к. отсутствуют нормы суточного употребления продукта и процентное отношение удовлетворения суточной потребности в указанных витаминах. Также выявлено, что в ряде образцов отсутствует информация об отличительных признаках продукта согласно ГОСТ Р 55577-2013. Например, в образцах напитков, в которых содержание витамина В₁ превышает 15 % от суточной потребности в витамине на 100 см³ либо на одну порцию, не указывалось, что напиток является источником витамина В₁ и способствует нормализации энергетического обмена, что недостаточно для полной информации о продукции.

Таблица 1. Характеристика сухих напитков функциональной направленности

Table 1. Characteristics of functional instant drinks

Образец	Наименование	Состав	Вид упаковки	Сведения о функциональной направленности
Производитель ООО «АлтайПлод», Бийск, Россия				
№ 1	Кисель витаминный «Малиновый»	Сахар-песок, крахмал картофельный в/с, измельченная малина, кислота лимонная, витаминный комплекс	Упакован в картонный пакет с прозрачным окошком по 140 г	Содержит витаминный комплекс на 100 г сухого продукта: витамины А – 0,8 мг, Е – 6,3 мг, В ₁ – 0,53 мг, В ₂ – 0,63 мг, В ₃ – 2,66 мг, В ₅ – 3,45 мг, В ₆ – 0,46 мг, В ₉ – 45,8 мкг, В ₁₂ – 1,14 мкг, биотин – 17,2 мкг, К ₁ – 46,2 мкг, Д ₃ – 14,3 мкг
№ 2	Кисель сухой витаминизированный «Сибирские ягоды»	Сахар-песок, крахмал картофельный в/с, измельченные ягоды (брусника, клюква, черная смородина и черника), кислота лимонная, витаминный комплекс	Упакован в картонный пакет с прозрачным окошком по 140 г.	Содержит витаминный комплекс на 100 г сухого продукта: витамины С – 84,5 мг, А – 0,8 мг, Е – 6,3 мг, В ₁ – 0,53 мг, В ₂ – 0,63 мг, В ₃ – 2,66 мг, В ₅ – 3,45 мг, В ₆ – 0,46 мг, В ₉ – 45,8 мкг, В ₁₂ – 1,14 мкг, биотин – 17,2 мкг, К ₁ – 46,2 мкг, Д ₃ – 14,3 мкг
№ 3	Кисель сухой витаминизированный «Облепиховый»	Сахар-песок, крахмал картофельный в/с, измельченная облепиха, кислота лимонная, витаминный комплекс	Упакован в картонный пакет с прозрачным окошком по 140 г	Содержит витаминный комплекс на 100 г сухого продукта: витамины С – 84,5 мг, А – 0,8 мг, Е – 6,3 мг, В ₁ – 0,53 мг, В ₂ – 0,63 мг, В ₃ – 2,66 мг, В ₅ – 3,45 мг, В ₆ – 0,46 мг, В ₉ – 45,8 мкг, В ₁₂ – 1,14 мкг, биотин – 17,2 мкг, К ₁ – 46,2 мкг, Д ₃ – 14,3 мкг
№ 4	Морс витаминизированный «Ежевичный»	Сахар-песок, сок ежевики концентрированный, кислота лимонная, витаминный комплекс	Индивидуально упакован в герметичные пакеты из алюминиевой фольги по 20 г	Содержит витаминный комплекс на 100 г сухого продукта: витамины С – 8,4 мг, А – 0,08 мг, Е – 0,63 мг, Д ₃ – 143 мг, В ₁ – 0,05 мг, В ₂ – 0,06 мг, В ₃ – 0,2 мг, В ₅ – 0,35 мг, В ₆ – 0,05 мг, В ₉ – 45,8 мкг, В ₁₂ – 0,11 мкг, К ₁ – 4,62 мкг, биотин – 1,2 мкг
№ 5	Морс витаминизированный «Клюквенный»	Сахар-песок, сок клюквы концентрированный, кислота лимонная, витаминный комплекс	Индивидуально упакован в герметичные пакеты из алюминиевой фольги по 20 г	Содержит витаминный комплекс на 100 г сухого продукта: витамины С – 8,4 мг, А – 0,08 мг, Е – 0,63 мг, Д ₃ – 1,43 мг, В ₁ – 0,05 мг, В ₂ – 0,06 мг, В ₃ – 0,27 мг, В ₅ – 0,35 мг, В ₆ – 0,05 мг, В ₉ – 45,8 мкг, В ₁₂ – 0,11 мкг, К ₁ – 4,62 мкг, биотин – 1,72 мкг
№ 6	Ягодный чайный напиток на меду с экстрактом эхинацеи	Мед сухой, малина сушеная молотая, фруктоза, экстракт сухой эхинацеи	Индивидуально упакован в герметичные пакеты из алюминиевой фольги по 20 г	Напиток способствует улучшению обмена веществ, помогает снимать напряжение и тревожность, способствует общему укреплению и поддержанию тонуса организма, а также обладает ярким насыщенным вкусом и ароматом свежих алтайских ягод и трав
№ 7	Брусничный ягодный чайный напиток на меду с экстрактом шиповника	Мед сухой, брусника сушеная молотая, фруктоза, экстракт сухой плодов шиповника	Индивидуально упакован в герметичные пакеты из алюминиевой фольги по 20 г	Природные компоненты состава ягодного чайного напитка способствуют укреплению иммунитета, имеют антисептические свойства, нормализуют обменные процессы организма, содержат богатый запас витаминов и минералов. Напиток обладает ярким насыщенным вкусом и ароматом свежих алтайских ягод

Окончание табл. 1

Образец	Наименование	Состав	Вид упаковки	Сведения о функциональной направленности
Производитель ООО «Леовит Нутрио», г. Москва, Россия				
№ 8	Кисель витаминный «Форте»	Сахар, крахмал картофельный, фрукты и ягоды (абрикос, клюква, яблоко), витамин С, загуститель – гуаровая камедь, премикс витаминный (мальтодекстрин, витамины: С, РР (ниацин), кальций Д-пантотенат (пантотеновая кислота), Е, В ₆ , В ₂ (рибофлавин), В ₁ (тиамин), В ₉ (фолиевая кислота), Н (биотин), В ₁₂), свекла, регулятор кислотности – лимонная кислота, куркума, ароматизатор, краситель сахарный колер	Индивидуально упакован в герметичные пакеты из алюминиевой фольги по 20 г	Содержит витамины в 100 г сухого продукта/в одной порции 20 г/%ССП (среднесуточной потребности): ниацин, мг – 24,3/4,87/27; витамин Е, мг – 14,6/2,9/29; В ₆ , мг – 2,9/0,59/30; В ₁ , мг – 2,3/0,46/33; В ₂ , мг – 2,6/0,52/33; В ₁₂ , мкг – 1,6/0,33/33; С, мг – 450/90/150; пантотеновая кислота, мг – 13,5/2,7/45; фолиевая кислота, мг – 0,5/0,10/50; биотин, мг – 0,2/0,04/80 Применяется в качестве специализированного продукта диетического профилактического питания с высоким содержанием витаминов С, В ¹ , В ⁶ , биотина, источника витаминов РР, Е, В ² , В ¹² , кальция пантотената, фолиевой кислоты
Производитель ООО Фирма «Биокор», г. Пенза, Россия				
№ 9	Кисель Клюква «Доктор Нутришин»	Фруктоза, крахмал, клюква сушеная, загуститель – пектин, регулятор кислотности – лимонная кислота, ароматизатор «Клюква», витамины В ₆ и В ₂ , фолиевая кислота (витамин В ₉), источник селена органического «селенопиран»	Индивидуально упакован в герметичные пакеты из алюминиевой фольги по 25 г. Пакет имеет надрез для открывания	Содержит витамины в порции (25 г)/% РСП (рекомендуемой суточной потребности): витамин В ₁ – 0,85мг/60; В ₂ – 2 мг/125; В ₆ – 2 мг/100; фолиевая кислота – 200 мкг/100; селен – 35 мкг/50; растворимые пищевые волокна – 0,3 г/15
№ 10	Кисель с персиком «Доктор Нутришин»	Фруктоза, крахмал, сушеные персики, загуститель – пектин, регулятор кислотности – лимонная кислота, ароматизатор «Персик», витамины В ₆ и В ₂ , фолиевая кислота (витамин В ₉), источник селена органического «селенопиран»	Индивидуально упакован в герметичные пакеты из алюминиевой фольги по 25 г. Пакет имеет надрез для открывания	Содержит витамины в порции (25 г)/% РСП (рекомендуемой суточной потребности): витамин В ₁ – 0,85мг/60; В ₂ – 2 мг/125; В ₆ – 2 мг/100; фолиевая кислота – 200 мкг/100; селен – 35 мкг/50; растворимые пищевые волокна – 0,3 г/15; флавоноиды – 3 мг/10

Предложенные участниками фокус-группы критерии потребительского выбора отражены в разработанной балловой шкале, представленной в таблице 2.

На втором этапе исследования проводилась дегустационная оценка образцов сухих напитков по разработанной балловой шкале. В дегустационной оценке приняло участие 35 независимых потребителей. В оценке принимали участие мужчины и женщины в возрасте от 18 до 59 лет, которые имеют представление

о здоровом образе жизни, правильном питании и употребляют функциональные напитки. Вначале оценивали удобство упаковки и маркировку образцов, потом внешний вид и цвет сухого продукта. На последнем этапе определялся вкус и запах, внешний вид, консистенция, цвет готового напитка и его растворимость.

Для ранжирования дескрипторов, оцененных в результате дегустационного анализа, полученный массив данных подвергался анализу с использованием

Таблица 2. Балловая шкала оценки качества сухих напитков функциональной направленности

Table 2. Scoring scale for assessing the quality of functional instant drinks

Показатель		Баллы			
		Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Внешний вид, консистенция	Сухой напиток	Сыпучий, однородный, без комочков и посторонних примесей	Однородная сыпучая масса, допускаются неплотно слежавшиеся комочки	Недостаточно однородная масса, наличие слежавшихся комочков, несыпучая	Несыпучая, увлажненная, комковатая, склеенные комочки
	Готовый напиток	<i>Для киселей:</i> однородная непрозрачная киселеобразная масса с кусочками фруктов или без них. Кусочки размером не более 10 мм в наибольшем измерении в основной массе сохранившие свою форму. <i>Для морсов и чайных напитков:</i> однородная прозрачная жидкость с тонкоизмельченной мякотью или без нее, допускается наличие осадка в виде жмыха. Не допускается наличие не растворившихся комков	<i>Для киселей:</i> однородная непрозрачная киселеобразная масса с кусочками фруктов или без них. Кусочки размером более 10 мм в наибольшем измерении в основной массе сохранившие свою форму. Наличие слипшихся кусочков. <i>Для морсов и чайных напитков:</i> однородная прозрачная жидкость с тонкоизмельченной мякотью или без нее, допускается наличие осадка в виде жмыха. Не допускается наличие не растворившихся комков	<i>Для киселей:</i> не достаточно однородная и непрозрачная, жидкая или слишком густая, не свойственная киселеобразная масса с включением кусочков фруктов или без них. Наличие слипшихся кусочков. <i>Для морсов и чайных напитков:</i> однородная прозрачная жидкость с тонкоизмельченной мякотью или без нее, допускается наличие осадка в виде жмыха. Не допускается наличие не растворившихся комков	<i>Для киселей:</i> не однородная и непрозрачная, жидкая или слишком густая, не свойственная киселеобразная масса с включением кусочков фруктов или без них. Наличие слипшихся кусочков. <i>Для морсов и чайных напитков:</i> неоднородная прозрачная жидкость с наличием не растворившихся комков
Цвет	Сухой напиток	Свойственный цвету фруктов, ягод и/или соков, и/или сиропов, из которых изготовлен продукт, однородный по всей массе	Свойственный цвету фруктов, ягод и/или соков, и/или сиропов, из которых изготовлен продукт, достаточно однородный по всей массе	Свойственный цвету фруктов, ягод и/или соков, и/или сиропов, из которых изготовлен продукт, неоднородный по всей массе	Несвойственный составу напитка, неоднородный по всей массе
	Готовый напиток	Однородный по всей массе, свойственный цвету использованных ингредиентов, прошедших тепловую обработку, насыщенный, без опалесценции	Однородный по всей массе, свойственный цвету используемых ингредиентов, прошедших тепловую обработку, без опалесценции, достаточно насыщенный	Недостаточно однородный по всей массе и свойственный цвету использованных ингредиентов, прошедших тепловую обработку, ненасыщенный, слишком бледный или яркий	Неоднородный, несвойственный
Вкус и запах готового напитка		Натуральные, хорошо выраженные, свойственные использованным фруктам, ягодам (овощам) или их смесям, прошедшим тепловую обработку. Вяжущий вкус в напитках с использованием граната, облепихи и черноплодной рябины.	Натуральные, хорошо выраженные, свойственные использованным фруктам, ягодам (овощам) или их смесям, прошедшим тепловую обработку. Вяжущий вкус в напитках с использованием граната, облепихи и черноплодной рябины.	Недостаточно свойственные, невыраженные посторонние привкусы и запахи	Несвойственные, выраженные посторонние привкусы и запахи

Окончание табл. 2

Показатель	Баллы			
	Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
	Естественная горечь в напитках с добавлением брусники, рябины, клюквы и моркови. Естественная горечь и привкус эфирных масел для напитков, приготовленных из цитрусовых. Для обогащенных напитков привкус и запах вносимых биологически активных веществ. Не допускаются посторонние и несвойственные привкус и запах	Естественная горечь в напитках с добавлением брусники, рябины, клюквы и моркови. Естественная горечь и привкус эфирных масел для напитков, приготовленных из цитрусовых. Для обогащенных напитков привкус и запах вносимых биологически активных веществ. Не допускаются посторонние и несвойственные привкус и запах		
Растворимость, мин	Согласно указаниям на этикетке продукции ($\pm 0,1$)	Согласно указаниям на этикетке продукции ($\pm 0,3$)	Согласно указаниям на этикетке продукции ($\pm 1,0$)	Не соответствует времени, которое указано на этикетке
Упаковка	Чистая, герметичная, неповрежденная, без посторонних запахов. Удобная в использовании, имеет надрез для вскрытия. Имеет зип-лок. Изготовлена из экологически чистых материалов с наличием экологических знаков. Возможность утилизации	Чистая, герметичная, неповрежденная, без посторонних запахов. Удобная в использовании, не имеет надреза для вскрытия	Чистая, герметичная, неповрежденная, без посторонних запахов. Не удобная в использовании, отсутствует надрез для вскрытия	Загрязненная, не герметичная, с наличием посторонних запахов
Маркировка	Доступная для прочтения, достаточная (соответствует ТР ТС 022/2011). Приведены данные о количествах витаминов и минеральных веществ, сведения о нормах употребления продукта и об удовлетворении суточной потребности в витаминах и минеральных веществах, входящих в состав. Приведены данные об энергетической и пищевой ценности на одну порцию продукта. Имеются указания на время приготовления (растворения). Приведены дополнительные данные о функциональной направленности продукта. Например, продукт является источником витамина С и пищевых волокон	Недостаточно доступная для прочтения (мелкий шрифт, который сливается с фоном, расположена на сгибе), достаточная (соответствует ТР ТС 022/2011). Приведены данные о количествах витаминов и минеральных веществ, сведения о нормах употребления продукта и об удовлетворении суточной потребности в витаминах и минеральных веществах, входящих в состав. Приведены данные об энергетической и пищевой ценности на одну порцию продукта. Имеются указания на время приготовления (растворения)	Недоступная для прочтения (мелкий шрифт, который сливается с фоном, расположена на сгибе), недостаточная (отсутствуют некоторые данные согласно ТР ТС 022/2011). Не приведены сведения о количествах витаминов и минеральных веществ, нормах употребления продукта и об удовлетворении суточной потребности в витаминах и минеральных веществах, входящих в состав. Не приведены данные об энергетической и пищевой ценности на одну порцию продукта. Отсутствуют указания на время приготовления (растворения)	Недоступная для прочтения, не соответствует ТР ТС 022/2011. Отсутствуют сведения о функциональной направленности (данные о количестве витаминов и минеральных веществ). Отсутствуют указания на время приготовления (растворения)
Итого баллов	30–25	24–19	18–13	12 и менее

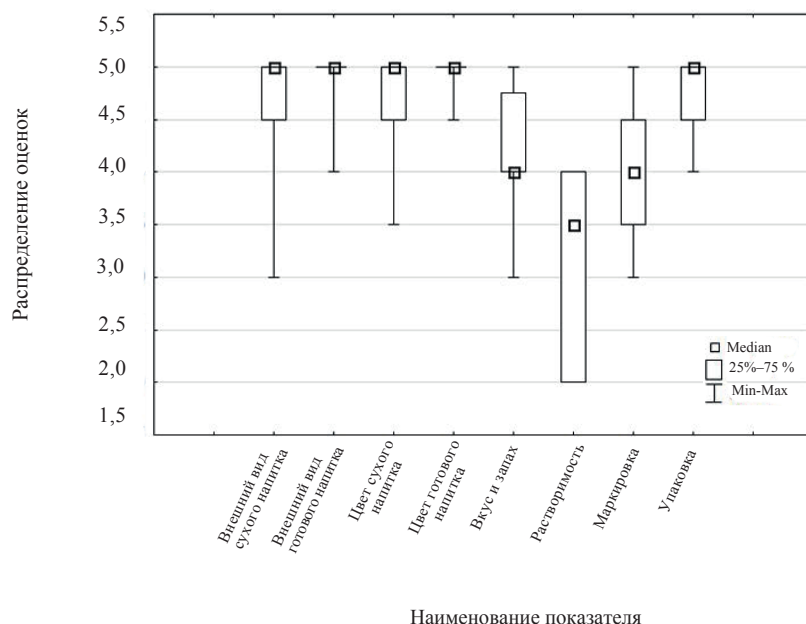


Рисунок 1. Результаты оценивания показателей напитка морс витаминизированный «Клюквенный»

Figure 1. Sensory analysis of cranberry vitamin drink

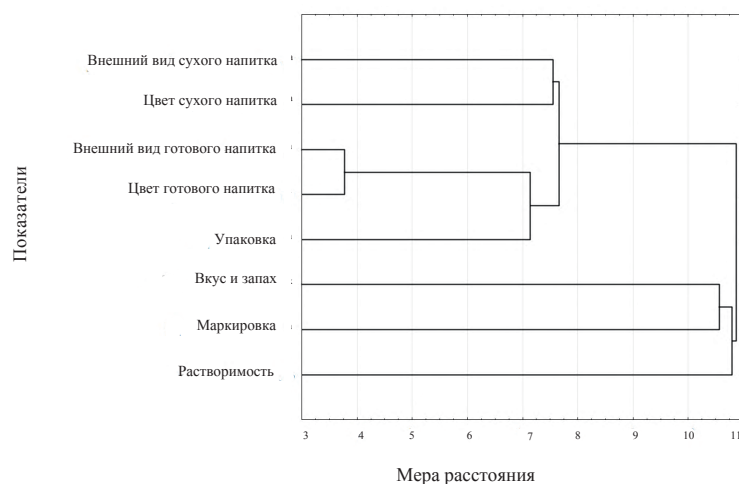


Рисунок 2. Результаты кластерного анализа показателей напитков

Figure 2. Cluster analysis of indicators

тестов Kolmogorov-Smirnov [24]. Данные, выраженные в процентном соотношении потребительского выбора, были преобразованы для нормализации распределения остатков. Соответствие данных для обнаружения структуры (доли дисперсии переменных основных факторов) и проверки гипотезы о тождественности корреляционной матрицы главных дескрипторов проводилось с использованием тестов Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) и Bartlett's (KMO = 0,84; $\chi^2 = 942$, $P < 0,001$). Уменьшение размерности массива значений рейтинговой оценки проводилось по алгоритмам нелинейных итеративных частных наименьших квадратов (NIPALS) [25].

После операции вычисления корреляционной матрицы для изучаемых органолептических показателей напитков получено, что наибольшую долю дисперсии зависимых переменных обуславливает внешний вид сухого продукта (факторная нагрузка 0,66) и его цвет (факторная нагрузка 0,57), т. е. их можно рассматривать как один влияющий фактор. Такие факторы, как маркировка и упаковка, имеют наименьшую прямую связь с переменными. Растворимость, вкус и запах готового напитка имеют зависимость и оказывают равное отрицательное влияние на общие дескрипторы. Поэтому их также можно объединить в отдельный показатель.

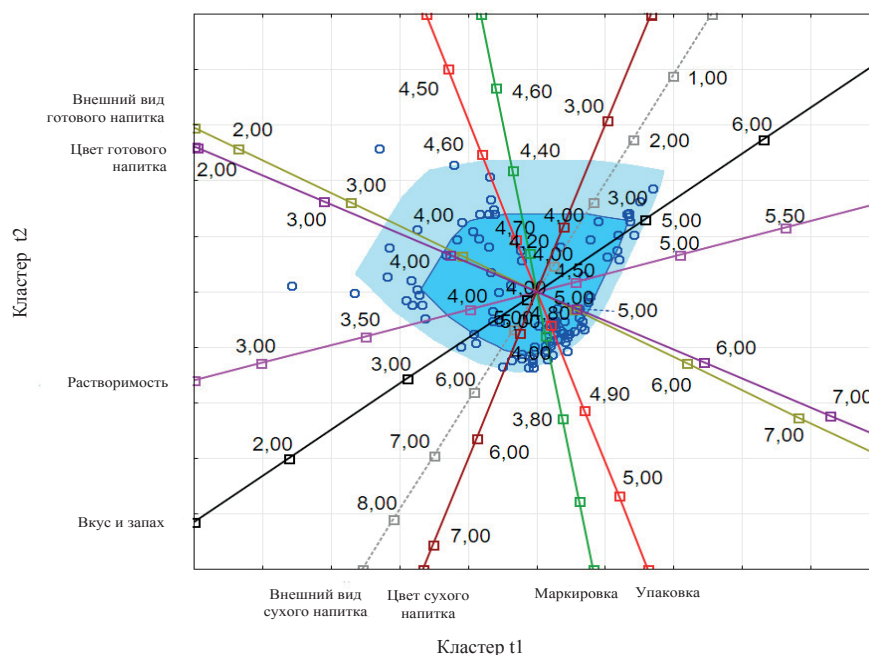


Рисунок 3. График анализа главных компонент потребительских дескрипторов напитков

Figure 3. Principal component analysis (PCA) of consumer descriptors

Среди изучаемых образцов сухих напитков наибольшие показатели анализируемых дескрипторов выявлены у морса витаминизированного «Клюквенный» (ООО «АлтайПлод»). Диаграмма распределения оценок показана на рисунке 1.

По результатам анализа и данным диаграммы (рис. 1) можно предположить, что потребители уделяют внимание при выборе морса таким показателям, как вкус и запах готового морса, его растворимость.

Для идентификации различий в однородных группах исследуемых показателей использовались процедуры кластерного анализа. Сегментация показателей напитков на кластеры показана на рисунке 2.

На рисунке 2 отображены результаты использования иерархического алгоритма кластеризации, при котором каждый показатель рассматривается как отдельный кластер при объединении наиболее близких на последующих шагах в более крупные [26]. Из графика следует, что такие показатели, как «внешний вид сухого напитка и его цвет» и «внешний вид готового напитка и его цвет» образуют отдельный кластер, который следует рассматривать как органолептические показатели сухого и готового напитка. Этот укрупненный кластер образует следующий – совместно с показателем «упаковка». Высоким по степени важности является кластер показателей «вкус и запах готового напитка» и «маркировка», которые на следующем шаге объединяются с показателем

«растворимость», имеющим наибольшую меру расстояния (внутригрупповая дисперсия WSS 90,17). Таким образом, потребители при выборе напитка ориентируются на следующие показатели по степени важности: растворимость, вкус и запах (WSS 79,4), маркировка (WSS 57,3).

Для нахождения определяющих критериев потребительского выбора и их количественного влияния подготовленный набор значимых ($KMO = 0,84$; $\chi^2 = 942$, $P < 0,001$) и нормализованных переменных обрабатывался с использованием процедур PCA. Учитывались только главные компоненты (PCs, $P > 1,0$), значимые при описании большинства полных вариаций данных [24]. На рисунке 3 показан график оценки потребительских дескрипторов, полученных при сравнении всех изучаемых образцов напитков относительно главных кластеров (t_1 , t_2).

Расположение линий нагрузки на рисунке 3, соответствующих показателям «внешний вид сухого напитка и его цвет» и «внешний вид готового напитка и его цвет», характеризует корреляцию между ними. Прослеживается взаимосвязь показателей сухого напитка «внешний вид сухого напитка и его цвет» и «маркировка и упаковка». Значение факторной нагрузки для показателя «упаковка» является минимальным (0,013).

На основе кластеризации дескрипторов выделились две группы потребителей, которые условно разделили на молодое и взрослое (от 30 до 59 лет) поколение. Выявлено, что для них критерии выбора продукта отличались. Таким образом, с использованием

методов многомерного статистического анализа главных дескрипторов, отражающих влияние потребительских критериев и органолептических показателей продукта на критерии потребительского выбора, получено, что важным является вкус и запах готового напитка. Не менее актуален внешний вид сухого напитка, в том числе его цвет. Время полной растворимости и наличие осадка также важны для потребителей. Меньше внимания уделяется качеству упаковки и маркировки. Это связано с возрастом потребителей, участвующих в дегустационной оценке, которые не придают значения информации, указанной на этикетке. Для них достаточно того, что продукт позиционируется как витаминизированный.

Выводы

Установлено, что для потребителей всех возрастных категорий важными характеристиками при выборе сухого напитка функциональной направленности является информационная насыщенность и эргономические характеристики напитка, отражающие быстроту и простоту приготовления, а также вкус и запах. Поэтому при моделировании новых видов сухих напитков необходимо учитывать данные показатели. Показано, что методы многомерной статистики целесообразно применять при контроле качества и рейтинговой оценке функциональных сухих напитков для выявления значимых для потребителей качественных характеристик и их количественной оценки.

Для взрослого поколения потребителей большое значение имеют такие критерии выбора, как информационная насыщенность (указание на этикетке норм потребления напитка в сутки, % удовлетворения суточной потребности в указанных витаминах на одну порцию, функциональной направленности продукта, калорийности на одну порцию, отличительных признаков, наличия натуральных

компонентов в составе), экологичность упаковки (материал упаковки, возможность ее экологической утилизации, возможность визуализации продукта) и вкусоароматические характеристики готового продукта.

Для потребителей молодого поколения основополагающими критериями выбора являются быстрота приготовления и визуальные характеристики продукта: время растворимости напитка, удобство употребления, информация рекламного характера, визуализация продукта по единичным показателям. Например, витаминизированный напиток, польза для здоровья. Эти единичные показатели рекламного характера, но для молодого поколения, привычного к поиску данных в интернете, данная информация служит критерием выбора.

Критерии авторства

Все авторы принимали равное участие в исследованиях, обработке полученных результатов и подготовке к опубликованию рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors took an equal part in the research, processing the results and preparing the manuscript for publication.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Morais RMSC, Morais AMMB, Dammak I, Bonilla J, Sobral PJA, Laguerre J-C, *et al.* Functional dehydrated foods for health preservation. *Journal of Food Quality*. 2018;2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1739636>
2. Sandrakova IV, Reznichenko IYu. Health food consumers research. *Practical Marketing*. 2019;274(12):22–27. (In Russ.).
3. Сандракова И. В., Резниченко И. Ю. Исследование потребителей продуктов здорового питания // Практический маркетинг. 2019. Т. 274. № 12. С. 22–27.
4. Gur'yanov YuG, Lobach EYu. Assessment of consumer preferences for new functional products. *Polzunovskiy Vestnik*. 2012;(2–2):187–190. (In Russ.).
5. Гурьянов Ю. Г., Лобач Е. Ю. Оценка потребительских предпочтений к новым продуктам функционального назначения // Ползуновский вестник. 2012. № 2–2. С. 187–190.
6. Early R. Making life look and taste better. *Food Science and Technology*. 2020;34(3):52–55. https://doi.org/10.1002/fsat.3403_13.x
7. Abujajah CI, Ogbonna AC, Osuji CM. Functional components and medicinal properties of food: a review. *Journal of Food Science and Technology*. 2015;52(5):2522–2529. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1396-5>

6. Erchova TA, Bojko SD, Tchernichova AN. Development of dry mixes of drinks for athletes during the competition. Food Industry. 2018;(2):64–68. (In Russ.).

Ершова Т. А., Божко С. Д., Чернышова А. Н. Разработка сухих смесей напитков для спортсменов в период соревнований // Пищевая промышленность. 2018. № 2. С. 64–68.

7. Logvinchuk TM. Formulations of functional drinks based on soluble chicory. Polzunovskiy Vestnik. 2019;(4):58–62. (In Russ.).

Логвинчук Т. М. Разработка рецептурных композиций функциональных напитков на основе растворимого цикория // Ползуновский вестник. 2019. № 4. С. 58–62.

8. Sosjura EA, Romanenko ES, Esaulko NA, Selivanova MV, Aysanov TS, Mil'tjusov VE, *et al.* Development of technology for the production of functional beverages based on beer wort. Beer and Beverages. 2019;(1):38–42. (In Russ.).

Разработка технологии производства напитков функционального назначения на основе пивного сусла / Е. А. Со-сюра [и др.] // Пиво и напитки. 2019. № 1. С. 38–42.

9. Myakinnikova EI, Kasyanov GI. Technology of dry quickly restored drinks on the base of subtropical fruits. Scientific Works of the Kuban State Technological University. 2015;(4):288–300. (In Russ.).

Мякинникова Е. И., Касьянов Г. И. Сухие быстровосстанавливаемые концентраты для производства напитков // Научные труды КубГТУ. 2015. № 4. С. 288–300.

10. Bakin IA, Reznichenko IYu, Mustafina AS, Aleksenko LA. Design of soft drinks compositions based on blackcurrant berries bhytoextracts. Storage and Processing of Farm Products. 2019;(2):37–50. (In Russ.). <https://doi.org/10.36107/spfp.2019.71>

11. Kelenkova ES, Egorova EYu. Use of dry extracts of fruit and berry raw materials to increase the nutritional value of kvasses of fermentation. News of Institutes of Higher Education. Food Technology. 2021;379(1):35–39. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2021.1.8>

12. Kravchenko SN, Miller ES, Plotnikova IO, Popov AM. Improvement of the extraction process in the production of instant drinks. Storage and Processing of Farm Products. 2018;(1):5–10. (In Russ.).

Совершенствование процесса экстрагирования в производстве быстрорастворимых напитков / С. Н. Кравченко [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2018. № 1. С. 5–10.

13. Shaw EF, Charters S. Functional drinks containing herbal extracts. In: Ashurst PR, editor. Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices. John Wiley and Sons; 2016. pp. 310–355. <https://doi.org/10.1002/9781118634943.ch12>

14. Kaur J, Kumar V, Kumar S, Aggarwal P, Sharma K, Bhadaria V. Process optimization for the preparation of tea and fruit-oriented energy drink: A nutritional approach. Journal of Food Processing and Preservation. 2021;45(4). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15363>

15. Podkorytov AG, Kadnikova IA, Podkorytova EA, Kovalev VV. Development of technology of a dry concentrate beverage based on modified pectin with the addition of Far East wild plants. Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management. 2019;91(3):165–177. (In Russ.). <https://doi.org/10.24866/2311-2271/2019-3/165-177>

16. Malcolmson LJ, Winkler-Moser JK. Flavor and sensory aspects. In: Shahidi F, editor. Bailey's industrial oil and fat products. John Wiley and Sons; 2020. <https://doi.org/10.1002/047167849X.bio032.pub2>

17. Muche S, Pietzner V. Sensory evaluation: making it possible to experience basic chemical concepts with nose and tongue. Chemkon. 2020;27. <https://doi.org/10.1002/ckon.202000016>

18. Lisitsyn AB, Chernukha IM, Nikitina MA. Russian methodology for designing multicomponent foods in retrospect. Foods and Raw Materials. 2020;8(1):2–11. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-2-11>

19. Fadhil R, Agustina R. A multi-criteria sensory assessment of *Cucumis melo* (L.) using fuzzy-Eckenrode and fuzzy-TOPSIS methods. Foods and Raw Materials. 2019;7(2):339–347. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-2-339-347>

20. de Schipper NC, Van Deun K. Model selection techniques for sparse weight-based principal component analysis. Journal of Chemometrics. 2021;35(2). <https://doi.org/10.1002/cem.3289>

21. Meng C, Zeleznik OA, Thallinger GG, Kuster B, Gholami AM, Culhane AC. Dimension reduction techniques for the integrative analysis of multi-omics data. Briefings in Bioinformatics. 2016;17(4):628–641. <https://doi.org/10.1093/bib/bbv108>

22. Guo J, Wang X, Li Y, Wang G. Fault detection based on weighted difference principal component analysis. Journal of Chemometrics. 2017;31(11). <https://doi.org/10.1002/cem.2926>

23. Beddo V, Kreuter F. A handbook of statistical analyses using SPSS. Journal of Statistical Software. 2004;11(2). <https://doi.org/10.18637/jss.v011.b02>

24. Jolliffe IT. Principal component analysis, 2nd ed. New York: Springer; 2002. 518 p.

25. Filzmoser P, Nordhausen K. Robust linear regression for high-dimensional data: An overview. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics. 2020;12(4). <https://doi.org/10.1002/wics.1524>

26. Billard L, Kim J. Hierarchical clustering for histogram data. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics. 2017;9(5). <https://doi.org/10.1002/wics.1405>

Влияние электрохимически активированной воды на показатели качества теста и изделий из пшеничной муки



А. Г. Погорелов¹, А. И. Панаит¹, А. Л. Кузнецов¹,
Е. Н. Молчанова², О. А. Суворов^{1,2,*}, Л. Г. Ипатова¹

¹ Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН^{ROR}, Пущино, Россия

² Московский государственный университет пищевых производств^{ROR}, Москва, Россия

Поступила в редакцию: 08.11.2021

Поступила после рецензирования: 20.01.2022

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: SuvorovOA@yandex.ru

© А. Г. Погорелов, А. И. Панаит, А. Л. Кузнецов,
Е. Н. Молчанова, О. А. Суворов, Л. Г. Ипатова, 2022



Аннотация.

Электрохимически активированная вода обладает высокой физико-химической и биологической активностью, взаимодействует с пищевыми ингредиентами и влияет на процесс хлебопечения иначе, чем необработанная вода. Цель работы – изучение влияния анодной и катодной фракций электрохимически активированной воды на показатели качества пшеничной муки, теста и хлеба.

В работе исследовали фракции электрохимически активированной воды, пшеничную муку, дрожжи, тесто и хлеб пшеничный. Применяли общепринятые физико-химические и органолептические методы анализа.

Проанализирована динамика показателей окислительно-восстановительного потенциала и pH электрохимически активированной воды в период релаксации. Показатели возвращались к исходному уровню, но через 72 ч отличались от исходных значений. Установлено влияние электрохимически активированной воды на количество и качество клейковины, растяжимость и гидратацию, водоудерживающую способность муки, подъемную силу дрожжей, титруемую кислотность, быстроту подъема теста и качество готовых изделий. Анолит не изменял качество клейковины, но способствовал уменьшению ее количества на 2,0–3,7 % за счет ослабления гидратации белков. Показаны различия в действии католита на качество клейковины: в более слабой связи между белками укреплялись (показатель измерения деформации клейковины снизился на 11,3 %), в более крепкой – расслаблялись (показатель измерения деформации клейковины повысился на 20 %). Католит повышал водоудерживающую способность слабой муки на 11,7 %, сильной – на 5,3 %, а также активизировал дрожжевые клетки. У образцов хлеба, приготовленных на католите, значения удельного объема выше на 3,7–5,4 %, пористости – на 2,3–4,6 % по сравнению с образцами на анолите. Сравнение формы подовых образцов хлеба подтвердило, что католит способствует укреплению теста при использовании муки с более слабой клейковиной и расслаблению при использовании с более крепкой.

Выявленные закономерности, касающиеся различий в действии фракций электрохимически активированной воды на количество и свойства клейковины, водоудерживающую способность муки, активность дрожжей и показатели качества хлеба, могут применяться для корректировки свойств теста из муки пониженного качества, а в перспективе – для безреагентного управления свойствами и поведением пищевого и биологического сырья.

Ключевые слова. Вода, электроактивация, клейковина, тесто, хлеб, анолит, католит

Финансирование. Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (РНФ)^{ROR}, проект № 20-16-00019.

Для цитирования: Влияние электрохимически активированной воды на показатели качества теста и изделий из пшеничной муки / А. Г. Погорелов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 156–167. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-156-167>

Effect of Electrochemically Activated Water on the Quality Indicators of Dough and Wheat Flour Products

Alexander G. Pogorelov¹, Artem I. Panait¹, Alexander L. Kuznetsov¹,
Elena N. Molchanova², Oleg A. Suvorov^{1,2,*}, Larisa G. Ipatova¹

¹ Institute of Theoretical and Experimental Biophysics of Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

² Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia

Received: 08.11.2021

Revised: 20.01.2022

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: SuvorovOA@yandex.ru

© A. G. Pogorelov, A. I. Panait, A. L. Kuznetsov,
E. N. Molchanova, O. A. Suvorov, L. G. Ipatova, 2022



Abstract.

Electrochemically activated water has a high physicochemical and biological activity. It interacts with food ingredients and affects the baking process in a different way than untreated water. The research objective was to study the effect of the anodic and cathodic fractions of electrochemically activated water on the quality indicators of wheat flour, dough, and bread.

The study featured electrochemically activated water fractions, wheat flour, yeast, dough, and wheat bread. It employed standard physicochemical and organoleptic methods of analysis to study the redox potential and pH of electrochemically activated water during relaxation.

The indicators returned to the initial level, but they changed significantly after 72 h. The experiment included the quantity and quality of gluten, extensibility and hydration, water-retaining capacity of flour, yeast fermentation, titratable acidity, dough fermentation rate, and the quality of finished products. The anolyte did not change the quality of gluten but decreased its amount by 2.0–3.7%, probably due to a weaker protein hydration. As for the effect of catholyte on the quality of gluten, the bonds between proteins became stronger in weak as the measurement of gluten deformation index decreased by 11.3%; they relaxed in stronger as the measurement of gluten deformation index increased by 20%. Catholyte increased the water-retaining capacity of weak flour by 11.7% and that of resistant gluten – by 5.3%. It also activated yeast cells. The samples of bread cooked on catholyte had a greater specific volume by 3.7–5.4% and porosity – by 2.3–4.6%, compared to the samples cooked on anolyte. The research also included a comparative analysis of the shape of the hearth bread samples. It confirmed that the catholyte strengthened the dough when the flour was weak and relaxed it when resistant gluten was used.

The research revealed some patterns regarding the effect of electrochemically activated water fractions on the amount and properties of gluten, water-retaining capacity of flour, yeast activity, and bread quality indicators. The results can be used to correct the properties of dough from low-quality flour, as well as for reagent-free control of the properties and behavior of food and biological raw materials.

Keywords. Water, electrical activation, gluten, dough, bread, anolyte, catholyte

Funding. The research was supported by Russian Science Foundation (RSF) grant № 20-16-00019.

For citation: Pogorelov AG, Panait AI, Kuznetsov AL, Molchanova EN, Suvorov OA, Ipatova LG. Effect of Electrochemically Activated Water on the Quality Indicators of Dough and Wheat Flour Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):156–167. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-156-167>

Введение

В течение последних десятилетий во всем мире наблюдается рост научного интереса к использованию воды, обработанной физическими методами. Воздействие на воду магнитных полей различного излучения или электричества приводит к смещению физико-химических параметров и вносит изменения в структуру и химический состав воды. Обработанная вода приобретает новые свойства и принимает участие в нетипичных химических реакциях.

Электрохимическая активация воды или водных растворов электролитов происходит в зоне одного из электродов диафрагменного электрохимического реактора. Метод электроактивации позволяет направленно изменять структуру воды, показатели pH и окислительно-восстановительного потенциала, каталитическую, биологическую и химическую активности. В зависимости от вида электрода (анода или катода) образуются анолит или католит. Это противоположно заряженные фракции воды

с измененным химическим составом. Обработка в анодной области способствует увеличению окислительно-восстановительного потенциала, кислотности, электропроводности воды и концентрации растворенных кислорода, озона и других газов. Одновременно происходит снижение концентрации водорода и поверхностного натяжения [1–4]. После катодной обработки часть растворенных солей превращается в гидроксиды, обуславливая щелочную реакцию воды. Католиту свойственны отрицательные значения окислительно-восстановительного потенциала и более низкие, по сравнению с исходной водой, показатели электропроводности, поверхностного натяжения и концентрации растворенного кислорода. В католите выше концентрация водорода и свободных гидроксильных групп, изменена структура не только гидратных оболочек ионов, но и свободного объема воды [1, 3, 4]. Фракции электрохимически активированной воды и водных растворов метастабильны, поэтому с течением времени происходит возвращение к исходным параметрам, называемое периодом релаксации. В это время фракции электрохимически активированной воды или растворов обладают рядом аномальных свойств [2, 4]. Продолжительность периода релаксации составляет от нескольких минут до нескольких дней в зависимости от условий активации и взаимодействия с окружающей средой.

Электрохимически активированная вода характеризуется высокой физико-химической и биологической активностью. Одним из важнейших параметров является окислительно-восстановительный потенциал [1–5]. Высокие положительные значения окислительно-восстановительного потенциала анолита обуславливают его биоцидную активность. Анолит, получаемый электрохимическим преобразованием водного раствора хлорида натрия, применяется в качестве дезинфицирующего средства в медицине, сельском хозяйстве и пищевой промышленности [6–10]. Анолитная фракция воды используется для инактивации нежелательных микроорганизмов на поверхности пищевых продуктов [8–13]. Катодно обработанные фракции воды или водных растворов солей с отрицательными значениями окислительно-восстановительного потенциала обладают высокой экстрактивной, каталитической и антиоксидантной активностью. Электроактивация воды также может быть применена для экстракции и функциональной модификации белков и углеводов [14–21]. Электрохимически активированные растворы влияют на антиоксидантные ферменты, активацию дрожжей в хлебопечении, стабилизацию полусладких вин и изомеризацию лактозы [3, 13, 21].

Слабо подкисленная электролизная вода с нейтральным рН и концентрацией активного хло-

ра, помимо подавления роста микроорганизмов, может влиять на морфологические характеристики и биохимический состав проростков злаковых и бобовых культур. Слабо подкисленная электролизная вода ускоряет развитие проростков маша, поскольку содержащийся в электролизной воде пероксид водорода (H_2O_2) может действовать как сигнальная молекула в процессе прорастания. Слабо подкисленная электролизная вода обладает регулирующей активностью в отношении ферментов, таких как фенилаланин-аммиак-лиаза, участвующая в фитохимическом синтезе во время прорастания семян [22].

При введении в пищевые продукты электрохимически активированная вода иначе взаимодействует с другими ингредиентами, что может оказывать влияние на качество полуфабрикатов и готовой продукции. В исследовании А. А. Борисенко показаны различия в механизме образования белково-жировой эмульсии при использовании католита и необработанной питьевой воды [23]. Методом молекулярного компьютерного моделирования и квантово-химическими расчетами был исследован фрагмент молекулы $\alpha s1$ -казеина в питьевой воде и католите в присутствии триацилглицерина линолевой кислоты. Установлено, что исследуемый белок в присутствии молекулы жира располагается в воде отрицательно заряженной областью к полярному компоненту системы, а неполярным участком – к гидрофобному компоненту. При этом уменьшилась величина дипольного момента исследуемого фрагмента молекулы $\alpha s1$ -казеина в католите, возросло количество водородных связей с молекулами католита в 1,3 раза, а число внутримолекулярных водородных связей белка увеличилось в 1,7 раза по сравнению с результатами моделирования системы на основе питьевой воды. Эмульгирующая способность белка в католите увеличилась за счет усиления гидрофильных и гидрофобных свойств соответствующих участков пептидной цепи. Благодаря образованию дополнительных водородных связей в исследуемой системе повышается устойчивость образованной в католите эмульсии. Католит контактирует с активными центрами сорбции биополимеров и в большей степени, чем питьевая вода, переходит в связанное состояние. Это вызывает изменение свойств биополимеров на молекулярном уровне. Специфика распределения зарядов и электростатического потенциала молекулы белка в католите является причиной повышения степени его гидратации, адсорбции на поверхности частичек жира и увеличения эмульгирующей способности [23].

Высокая, по сравнению с питьевой водой, степень связанности электрохимически активированной воды в пищевой системе обуславливает преобразование совокупных свойств гидрофильных компонентов этой системы. В работе R. Liu и др. показано

положительное влияние электролизованной воды на процесс желатинизации рисовой муки [24]. Наблюдались более высокая пиковая вязкость и более низкая энтальпия плавления. Твердость, клейкость и жевательная способность рисовой лапши из рисовых шариков, обработанных слабокислой электролизованной водой с концентрацией активного хлора 20,32 мг/л, были увеличены ($P < 0,05$). Потери при варке уменьшились в лапше, обработанной сильноокислой электролизной водой с содержанием хлора 10,09 мг/л ($P < 0,05$). Отмечено улучшение кулинарных и текстурных свойств рисовой лапши [24]. Слабокислую электролизную воду с разным содержанием активного хлора использовали и для снижения ($P < 0,05$) общего количества микробных клеток, дрожжей, общих полифенолов, активности липазы и полифенолоксидазы, вязкости крахмала и экстрагируемости белка из муки [25].

Ряд авторов указывает на возможность использования электрохимически активированных жидких сред для улучшения качества хлеба [26–31]. Хлебобулочные изделия являются традиционными продуктами питания в России. Хлеб обеспечивает все возрастные группы энергией, углеводами, белками и пищевыми волокнами и является основным источником поступления в организм микроэлементов (железа, магния, цинка) и фолиевой кислоты. Однако качество пшеницы не всегда позволяет получить хлеб удовлетворительного качества.

В рецептурах хлебобулочных изделий вода играет особую роль, выступая активатором технологических процессов производства. Вода, обработанная физическими или электрохимическими способами, оказывает воздействие на реологические и биохимические процессы в образовании теста и готовых изделий [26, 27]. Электрохимическая активация воды оказывает влияние на окислительно-восстановительные характеристики полуфабрикатов хлебопекарного производства, биотехнологические свойства бродильной микрофлоры, реологические характеристики теста и качество изделий [28]. Фракции электрохимически активированной воды неодинаково влияют на активность ферментов муки. Анолит оказывает окислительное действие на протеолитические ферменты муки, католит – восстановительное. В зависимости от вида электрохимически активированной воды, используемой при замесе теста, меняется ферментативная активность белков. При окислении под действием анолита происходит снижение концентрации сульфгидрильных (–SH) групп в белковом веществе теста с образованием дисульфидных (–S–S–) связей. Структурные изменения клейковинных белков муки приводят к изменению структуры белкового субстрата и снижают его доступность

протеолитическим ферментам. В зависимости от вида и качества исходной муки целесообразно направленное применение анолитной или католитной фракций. При переработке муки из проросшего зерна пшеницы или муки со слабой клейковиной рекомендуется использовать анолитную фракцию для укрепления структуры клейковинных белков, а при замесе теста из муки морозобоинного или подвергнувшегося сильной сушке зерна – католит для предотвращения образования неэластичного короткорвущегося теста [29].

Внесение электрохимически активированной воды в тесто при замесе отражается на свойствах и показателях качества выпеченного хлеба. Активация воды увеличивает концентрацию мономеров H_2O , способствует глубокому проникновению молекул воды в структуру биополимеров муки и их большему набуханию. Методом дифференциального термического анализа L. Nilova и др. изучили изменения форм связанной воды (водопродонной и активированной на катоде) в хлебе и хлебобулочных изделиях в зависимости от компонентов формулы и при хранении [30]. По сравнению с контрольными образцами, приготовленными на необработанной воде, хлеб с активированной водой при хранении медленнее теряет воду, его хрупкость уменьшается, а способность к набуханию повышается. Различия между параметрами контрольных образцов и хлеба, приготовленного с активированной водой, могут быть связаны с перераспределением связанных форм воды в продукте. Перераспределение форм связанной воды может быть связано с набуханием белков в результате проникновения активированной воды в их структуру в виде мономеров. В процессе хранения происходит старение биополимеров, они становятся более плотными, образуя трещины между крахмалом и белком. Это приводит к повышенной ломкости хлеба и снижает его набухаемость. Динамика изменения влажности хлеба подтверждает увеличение содержания удаленной воды в хлебе из-за усадки или высыхания. В активированной воде процесс идет медленнее [30].

Целью работы является определение влияния анодной и катодной фракций электрохимически активированной воды на показатели качества пшеничной муки разного качества, теста и хлеба.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали основное и дополнительное сырье: муку пшеничную хлебопекарную высшего сорта, полученную из торговых сетей (два образца), дрожжи хлебопекарные прессованные, соль поваренную пищевую, воду питьевую, фракции электрохимически активированной воды, а также полуфабрикаты (тесто) и готовые изделия. Приготовление хлеба осуществляли традиционным безопарным способом. Количество

муки, дрожжей и соли при замесе теста соотносилось как 100:3:1,5. При замесе теста прессованные дрожжи вносили в виде дрожжевой суспензии, соль – в водном растворе. Количество воды определялось расчетным методом. Контрольными были пробы хлеба, приготовленные с использованием бутилированной питьевой воды без обработки.

В опытных образцах использовали две противоположно заряженные фракции воды (анолит и католит), полученные путем электрохимической активации бутилированной воды (с показателями окислительно-восстановительного потенциала +190 мВ, pH 7,8, Na 200, Ca 20 и Mg 5 мг/л, общая минерализация не более 0,7 г/л). Анодную и катодную фракции электрохимически активированной воды получали в лабораторном электролизере с керамической диафрагмой и анодом, покрытым оксидами рутения и титана, при напряжении питания 24 В и потребляемой мощности 29–43 Вт. Продолжительность активации 30 мин. Значение pH раствора измеряли с помощью портативных приборов HI98120 (Hanna, Германия), окислительно-восстановительный потенциал – ST20R (Ohaus, Китай).

Брожение теста проводили в пароконвектомате при температуре 35–37 °С. Продолжительность брожения составила 150 мин с обминкой через каждый час. Расстойку подового и формового образцов осуществляли при температуре 35–37 °С в течение 60 мин. Выпечку хлеба проводили при температуре среды в пекарной камере 200 °С в течение 20 мин. Выпеченные изделия хранили при комнатной температуре. Определение показателей качества готовых изделий проводили через 14–16 ч после выпечки.

Основные показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий определяли общепринятыми методами, применяемыми в технологическом контроле хлебопекарного производства и регламентированными соответствующими ГОСТ, в не менее чем 3-х повторностях.

Для изучения влияния электрохимически активированной воды на свойства клейковины рассматривали изменения клейковины по значениям прибора ИДК-1, по растяжимости и гидратационной способности. Качество полуфабрикатов и готовых изделий оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям.

Свойства муки оценивали по количеству и качеству клейковины (ГОСТ 27839-2013). Для определения водоудерживающей способности муки 1 г образца смешивали с 10 мл дистиллированной воды и выдерживали в течение 30 мин, а затем центрифугировали (30 мин, 3000 об/мин). Значение показателя оценивали как процентное содержание воды, связанной на грамм муки.

Подъемную силу дрожжей определяли стандартным и ускоренным методом для теста, приготовленного с добавлением исследуемых образцов воды (ГОСТ 171-2015).

Качество хлеба оценивали органолептически с помощью 5 экспертов балловым методом, пористость определяли на приборе Журавлева, подовые образцы оценивали по отношению высоты к диаметру (H/D), удельный объем – по отношению объема хлеба к его массе. Степень согласованности экспертных оценок сравнивали с помощью теста множественного сравнения по методу наименьших квадратов разности Фишера. Экспериментальные данные подвергали математическому и графическому анализу с использованием стандартных программ MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Качество муки влияет на качество хлеба и хлебобулочных изделий. Основными показателями являются количество и качество клейковины, а также водоудерживающая способность муки. Белки образуют в структуре пшеничного теста упруго-эластичную сетку. Качество клейковины оказывает влияние на водопоглотительную способность муки, формоустойчивость и газоудерживающую способность теста. От них зависят объем, внешний вид, состояние мякиша, выход хлеба и ряд других показателей.

Направленное изменение окислительно-восстановительного потенциала воды в область положительных или отрицательных значений может оказывать влияние на характер межмолекулярного взаимодействия растворенных веществ. В водной среде компоненты теста, имеющие полярные функциональные группы (белки, крахмал), могут быть восприимчивы к окислительно-восстановительным свойствам воды, подвергнутой электрохимической активации. После активации в период релаксации измененные значения окислительно-восстановительного потенциала и pH воды возвращаются к исходному состоянию. В работе исследовали изменения окислительно-восстановительного потенциала и кислотности анолитной (окислительно-восстановительный потенциал +470 мВ, pH 3,5) и католитной (окислительно-восстановительный потенциал –235 мВ, pH 10,0) фракций электрохимически активированной воды при хранении в закрытой емкости в течение 72 ч (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что происходило изменение окислительно-восстановительного потенциала анолита и католита, падение или рост в каждой фракции. Так проявлялась релаксация метастабильного состояния на фоне практически неизменного показателя для исходной необработанной воды. Если величина окислительно-восстановительного потенциала исходной воды (контроль) при 20 °С оставалась на постоянном уровне +190 мВ в течение всего срока

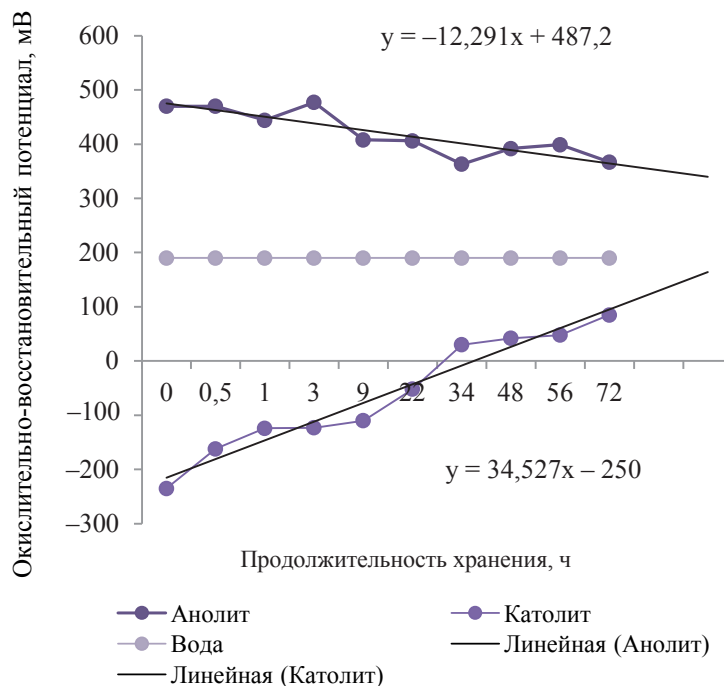


Рисунок 1. Изменение окислительно-восстановительного потенциала фракций электрохимически активированной воды в период релаксации

Figure 1. Redox potential of electrochemically activated water during relaxation

наблюдений (72 ч), то значение окислительно-восстановительного потенциала анолита снижалось от +470 до +367 мВ, а католита постепенно поднималось от –235 до +85 мВ, оставаясь ниже уровня контрольного образца воды.

Показатели pH фракций электрохимически активированной воды изменялись со временем в направлении исходных значений (рис. 2), хотя медленнее, чем окислительно-восстановительный потенциал. Поскольку максимальный эффект активации наблюдался сразу после обработки, то для следующих экспериментов фракции электрохимически активированной воды получали перед началом эксперимента.

Для получения опытных образцов клейковины муку замешивали на электрохимически активированной воде, а затем отмывали клейковину по стандартной методике. Полученные данные представлены в таблице 1.

Из результатов исследования видно, что контрольные образцы клейковины муки соответствовали ГОСТ 27839-2013. Образец муки № 1 характеризовался высоким выходом клейковины, что согласуется с ее высокой гидратационной способностью. Хотя клейковина образцов № 1 и 2 относилась к I группе качества (средняя, хорошая), различия в показателях измерения деформации клейковины составили более 35 %. Клейковину, отмывую из образца № 1, можно охарактеризовать

как более слабую. Клейковина из образца муки № 2 имела меньший выход и была более крепкой. Ее гидратационная способность была на 8 % меньше.

Использование анодной фракции электрохимически активированной воды для муки с более слабой клейковиной (образец № 1) привело к ее укреплению. Показатель измерения деформации клейковины уменьшился на 11,3 %, растяжимость снизилась на 14,3 %. На образцы с более крепкой клейковиной анолит не оказал существенного влияния, а католит способствовал расслаблению комплекса клейковинных белков. В обоих образцах фракция анолита способствовала уменьшению как количества клейковины (на 2,0–3,7 %), так и ее гидратационной способности (на 6–8 %). Это связано с изменениями в полярных положительно или отрицательно заряженных радикалах аминокислот. При изменении количества протонов в среде радикалы теряют заряд, способствующий образованию дополнительных водородных связей и притягиванию диполей воды. Учитывая характер изменения показаний приборов ИДК и растяжимости, можно предположить, что были затронуты аминокислоты глиадиновой фракции. Глиадины придают тесту вязкость и растяжимость, а глюteniны отвечают за упругость [31].

Действие фракции католита на образцы не одинаково. На выход клейковины он либо не оказывал влияние (образец № 1), либо

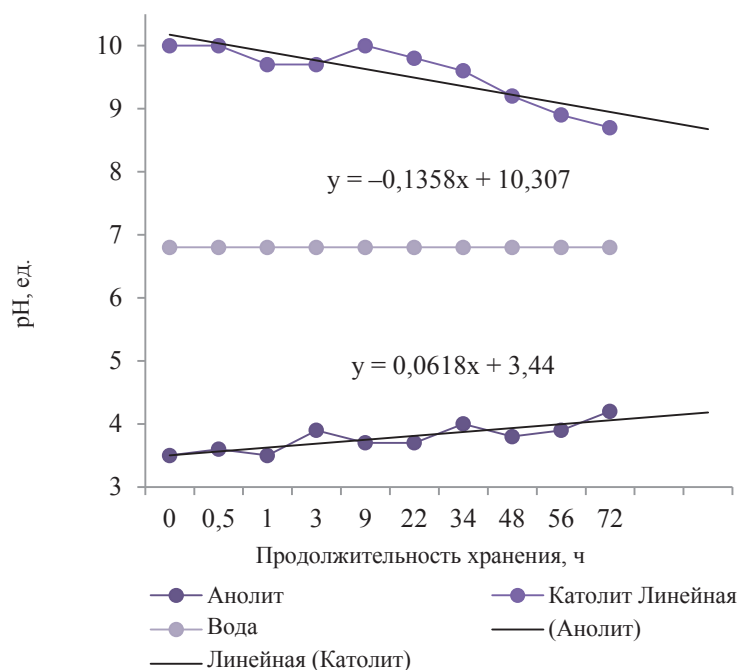


Рисунок 2. Изменение значения pH фракций электрохимически активированной воды в период релаксации

Figure 2. pH of electrochemically activated water during relaxation

Таблица 1. Влияние электрохимически активированной воды на свойства клейковины

Table 1. Effect of electrochemically activated water on the properties of gluten

Наименование образцов	Количество клейковины, %	Значение на приборе ИДК-1, ед.	Растяжимость клейковины, см	Гидратационная способность, %
Образец муки № 1 (контроль)	36,0 ± 0,1	75,3 ± 0,5	14,0 ± 0,5	188,0 ± 2,1
Образец муки № 1 + анолит	35,2 ± 0,1	67,7 ± 0,3	12,0 ± 0,3	176,7 ± 1,8
Образец муки № 1 + католит	36,0 ± 0,2	66,8 ± 0,4	12,0 ± 0,3	190,1 ± 3,3
Образец муки № 2 (контроль)	32,0 ± 0,1	55,4 ± 0,3	11,0 ± 0,5	174,2 ± 1,6
Образец муки № 2 + анолит	30,8 ± 0,2	58,3 ± 0,3	10,0 ± 0,1	160,7 ± 2,2
Образец муки № 2 + католит	33,2 ± 0,2	66,5 ± 0,3	11,0 ± 0,3	180,9 ± 2,5

способствовал его увеличению (образец № 2). Также не наблюдалось одинаковой зависимости в изменении показателя прибора ИДК: в более слабой клейковине связи между белками укреплялись (показатель измерения деформации клейковины снизился на 11,3 %), в более крепкой – расслаблялись (показатель измерения деформации клейковины повысился на 20 %).

Влияние отдельных фракций электрохимически активированной воды на муку с различным качеством клейковины согласуется с исследованиями авторов, которые рекомендовали анолит для укрепления муки со слабой клейковиной, а католит – для расслабления крепкого неэластичного теста [29]. В данном исследовании в образцах муки с более слабой клейковиной анолит способствовал ее укреплению, а католит – расслаблению крепкой клейковины (образец № 2).

Водоудерживающая способность контрольных образцов муки, несмотря на различия в выходе клейковины, была одинакова. Способность муки удерживать католит и анолит различалась (табл. 2).

При использовании анолита значения практически не изменялись, а при использовании католита увеличивались. Католит повышал водоудерживающую способность слабой муки на 11,7 %, сильной – на 5,3 %. Учитывая, что данные о влиянии католита на водоудерживающую способность муки согласуются с данными о гидратационной способности клейковины, то можно предположить, что клейковинные белки подвержены изменениям под действием электрохимически активированной воды. Глиадин и глютеин являются источниками серосодержащих аминокислот, которые, как полагают Сокол и Атрощенко, под влиянием анолита и католита

участвуют в реакциях окисления-восстановления [29]. Однако образование дисульфидных связей или их разрыв с освобождением сульфгидрильных групп не может сопровождаться увеличением гидратационной способности белковой матрицы из-за того, что цистеин по своим свойствам близок к алифатическим аминокислотам и не обладает полярностью.

Активность дрожжей является одним из главных показателей при приготовлении хлебобулочных изделий и влияет как на продолжительность технологического процесса, так и на органолептические показатели готовых изделий. Углекислый газ, выделяемый при брожении, позволяет тесту растягиваться. Это формирует объем и пористость. Влияние электрохимически активированной воды на подъемную силу дрожжей, определенную стандартным и ускоренным методами для теста, приготовленного с добавлением различных фракций активированной воды, показано в таблице 3.

Исследования показали, что в образцах теста, приготовленных с раствором католита, брожение протекало более интенсивно. Это может способствовать сокращению общей продолжительности тестоведения. Фракция анолита, наоборот, тормозила процесс брожения. Это свидетельствует о неодинаковом влиянии электрохимически активированной воды на активность дрожжевой клетки. Различия в подъемной силе дрожжей в присутствии раствора анолита, по сравнению с контрольным образцом, менее заметны при применении стандартного метода. Это связано с релаксацией активированной воды с течением времени.

По результатам пробных выпечек были определены показатели качества в соответствии с методами, предусмотренными в классификационных государственных стандартах на хлеб и хлебобулочные

изделия. Оценка образцов по органолептическим показателям дана в таблице 4.

Образцы, приготовленные на католите, приближались к контрольному образцу. Они имели правильную форму, глянцевую золотистую корочку, светлый эластичный мякиш и равномерную пористость. Вкус хлеба был типичным (хлебный) без постороннего запаха и привкуса. Образцы с использованием анолита имели приемлемые органолептические показатели, но характеризовались меньшим объемом. Это может быть связано как с меньшей подъемной силой дрожжей, так и с влиянием анолита на клейковинный комплекс белков. Физико-химические показатели качества хлеба приведены в таблице 5.

Образцы, приготовленные на католите, имели хорошие свойства, но не превосходили контроль. Наибольшие различия (на 14–21 % для первого и второго образцов муки) наблюдались по величине Н/Д (отношение высоты к диаметру подовых образцов). Контрольный образец был более расплывчатым. Для муки с более слабой клейковиной эти изменения закономерны, т. к. добавление электрохимически активированной воды приводило к укреплению клейковины (по значениям прибора ИДК-1) и отражалось на форме подовых образцов. Увеличение показателя Н/Д для муки с более крепкой клейковиной при добавлении активированной воды не согласуется с закономерностями изменения клейковины. Это может быть обусловлено особенностями синтеза клейковинных белков при выращивании пшеницы или их изменений в процессе послеуборочной обработки и требует более глубоких исследований.

Показатели кислотности, пористости и удельного объема хлеба у всех исследуемых образцов

Таблица 3. Влияние электрохимически активированной воды на подъемную силу дрожжей и продолжительность брожения

Table 3. Effect of electrochemically activated water on yeast fermentation power and time

Наименование образцов	Стандартный метод, мин	Ускоренный метод, мин
Образец муки № 1 (контроль)	66,4 ± 2,5	66,5 ± 0,1
Образец муки № 1 + анолит	69,0 ± 2,0	77,0 ± 0,1
Образец муки № 1 + католит	61,6 ± 1,8	63,0 ± 0,2
Образец муки № 2 (контроль)	68,2 ± 2,4	68,0 ± 0,1
Образец муки № 2 + анолит	70,2 ± 1,7	80,0 ± 0,2
Образец муки № 2 + католит	65,5 ± 1,5	64,0 ± 0,2

Таблица 2. Влияние электрохимически активированной воды на водоудерживающую способность муки

Table 2. Effect of electrochemically activated water on the water-holding capacity of flour

Наименование образцов	Водоудерживающая способность, %
Образец муки № 1 (контроль)	170,0 ± 2,6
Образец муки № 1 + анолит	168,0 ± 0,6
Образец муки № 1 + католит	190,0 ± 2,3
Образец муки № 2 (контроль)	170,0 ± 1,6
Образец муки № 2 + анолит	169,0 ± 0,5
Образец муки № 2 + католит	179,0 ± 0,5

Таблица 4. Органолептические показатели качества пшеничного хлеба

Table 4. Sensory properties of the quality of wheat bread

Показатели	Оценка в баллах					
	Образец муки № 1			Образец муки № 2		
	Контроль	Анолит	Католит	Контроль	Анолит	Католит
Форма	4,90	4,60	4,80	4,80	4,60	4,80
Цвет и внешний вид	5,00	4,70	4,90	4,80	4,70	4,80
Состояние мякиша	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Вкус и аромат	5,00	4,80	5,00	5,00	4,70	5,00
Средняя оценка	4,98	4,78	4,93	4,90	4,75	4,90

Таблица 5. Физико-химические показатели качества хлеба, приготовленного с электрохимически активированной водой

Table 5. Physical and chemical indicators of the quality of bread made with electrochemically activated water

Наименование образцов	Пористость, %	Удельный объем хлеба, см ³ /г	H/D	Кислотность, град
Образец муки № 1 (контроль)	62,2 ± 0,4	2,86 ± 0,14	0,64 ± 0,04	2,2 ± 0,1
Образец муки № 1 + анолит	61,0 ± 0,2	2,72 ± 0,10	0,78 ± 0,03	2,0 ± 0,1
Образец муки № 1 + католит	63,8 ± 0,3	2,82 ± 0,16	0,79 ± 0,03	2,2 ± 0,1
Образец муки № 2 (контроль)	61,8 ± 0,2	2,69 ± 0,14	0,70 ± 0,02	2,1 ± 0,1
Образец муки № 2 + анолит	61,2 ± 0,3	2,58 ± 0,12	0,80 ± 0,03	2,1 ± 0,1
Образец муки № 2 + католит	62,6 ± 0,4	2,72 ± 0,12	0,80 ± 0,04	2,2 ± 0,1

отличались незначительно. У образцов хлеба, приготовленных на католите, значения удельного объема выше на 3,7–5,4 %, пористости – на 2,3–4,6 % по сравнению с образцами на анолите.

При хранении хлеба в течение 72 ч различий в сохранности между образцами не наблюдалось.

Влияние электрохимически активированной воды на качество хлеба активно изучается. В то же время полученные результаты часто противоречивы. В работе Н. В. Науменко показано, что анодная вода ухудшала качество хлеба, а катодная оказывала положительное влияние на его удельный объем [32]. Однако в исследованиях [13, 26] выявлена обратная зависимость: образцы хлеба, приготовленные с применением фракций электрохимически активированной воды, превышали по объему контрольные образцы. При этом использование анолита обеспечивало получение хлеба наибольшего объема. Это объясняется различием в белковом комплексе исходных образцов, а также влиянием электролизной воды на изменение ($P < 0,05$) степени вязкости крахмала, экстрагируемости белка и форм связанной влаги [25, 30, 31].

Выявленные в работе закономерности могут быть обусловлены и изменением антиоксидантных, микробиологических и физико-химических свойств сырья под действием электрохимически активированной воды с учетом значений окислительно-восстановительного потенциала, pH и температуры. Развитие исследований с применением современных аналитических методов анализа будет

способствовать решению задач безрегентного управления свойствами продовольственного сырья при использовании электрохимически активированной воды как в технологии хлеба и хлебобулочных изделий, так и в других отраслях пищевой промышленности при использовании муки, воды и дрожжей [33–38].

Выводы

Определено влияние фракций электрохимически активированной воды на основное сырье, показатели качества теста и изделий из пшеничной муки. Оценка качества клейковины с использованием прибора ИДК-1 показала различия в действии католита на клейковинные белки: в более слабой клейковине связи укреплялись, в более крепкой – расслаблялись. Анолит не изменял качество клейковины, но способствовал уменьшению ее количества за счет ослабления связей, способствующих гидратации белков. Католит повышал водоудерживающую способность муки, а присутствие анолита не изменяло данный показатель по сравнению с контролем. Ускоренным методом по всплыванию шарика и продолжительности брожения теста показано, что католит незначительно активировал дрожжевые клетки.

Образцы хлеба, приготовленные с использованием католита, имели более высокие значения удельного объема и пористости по сравнению с образцами на анолите. Изменение формы подовых образцов хлеба свидетельствовало о том, что католит способствует укреплению теста при использовании муки с

более слабой клейковиной и расслаблению при использовании муки с крепкой клейковиной. Анолит не способствовал улучшению процессов тестоведения. Дрожжи замедляли свою активность при брожении, полученные изделия имели меньший объем. Взаимосвязь между использованием фракций электрохимически активированной воды и продолжительностью хранения не выявлена.

В случае использования муки пониженного качества применение активированной воды может стать перспективным технологическим приемом, корректирующим свойства муки и теста при сохранении требуемых характеристик готовых изделий. Понимание взаимодействия электрохимически активированной воды и перечисленных биологических мишеней разного уровня сложности поможет решить проблему безреагентного управления свойствами и поведением биологического сырья в технологической цепочке производства пищевых продуктов. Актуальным представляется проведение дополнительных исследований, направленных на изучение регулирующей активности электрохимически активированной воды в отношении ключевых ферментов.

Критерии авторства

А. Г. Погорелов – руководство проектом, редактирование и окончательное одобрение рукописи. А. И. Панаит – сбор и обработка материала. А. Л. Кузнецов – получение электрохимически

активированных растворов. Е. Н. Молчанова – получение данных о влиянии электрохимически активированных растворов на показатели качества теста и изделий, подготовка рукописи и интерпретация данных. О. А. Суворов – координация исследований, подготовка рукописи и анализ данных. Л. Г. Ипатова – вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

A.G. Pogorelov supervised the project and proofread the manuscript. A.I. Panait collected and processed the material. A.L. Kuznetsov obtained the electrochemically activated solutions. E.N. Molchanova obtained and interpreted the data on the effect of electrochemically activated solutions on the quality of dough and other products, as well as wrote the manuscript. O.A. Suvorov coordinated the research, wrote the manuscript, and analyzed the data. L.G. Ipatova contributed to the concept and design, as well as proofread the manuscript.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Ding T, Oh D-H, Liu D. Electrolyzed water in food: Fundamentals and applications. Singapore: Springer; 2019. 274 p. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-3807-6>
2. Johansson B. Functional water – in promotion of health beneficial effects and prevention of disease. *Internal Medicine Review*. 2017;3(2). <https://doi.org/10.18103/imr.v3i2.321>
3. Bakhir VM, Panicheva SA, Prilutsky VI, Panichev VG. Electrochemical activation: inventions, systems, technology. Moscow: Viva-Star; 2021. 659 p. (In Russ.)
- Электрохимическая активация: изобретения, техника, технология / В. М. Бахир [и др.]. М.: Вива-Стар, 2021. 659 с.
4. Ignatov I, Mosin O, Gluhchev G, Karadzhov S, Miloshev Ge, Ivanov N. The evaluation of the mathematical model of interaction of electrochemically activated water solutions (anolyte and catholyte) with water. *European Reviews of Chemical Research*. 2015;4(2):72–86.
5. Tanaka Y, Saihara Y, Izumotani K, Nakamura H. Daily ingestion of alkaline electrolyzed water containing hydrogen influences human health, including gastrointestinal symptoms. *Medical Gas Research*. 2018;8(4):160–166. <https://doi.org/10.4103/2045-9912.248267>
6. Moorman E, Montazeri N, Jaykus L-A. Efficacy of neutral electrolyzed water for inactivation of human norovirus. *Applied and Environmental Microbiology*. 2017;83(16). <https://doi.org/10.1128/aem.00653-17>
7. Yan P, Daliri EB-M, Oh D-H. New clinical applications of electrolyzed water: A review. *Microorganisms*. 2021;9(1). <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010136>
8. Suvorov OA, Kuznetsov AL, Shank MA, Volozhaninova SYu, Pugachev IO, Pasko OV, *et al.* Electrochemical and electrostatic decomposition technologies as a means of improving the efficiency and safety of agricultural and water technologies. *International Journal of Pharmaceutical Research and Allied Sciences*. 2018;7(2):43–52.
9. Orejel JCR, CanoBuendía JA. Applications of electrolyzed water as a sanitizer in the food and animal-by products industry. *Processes*. 2020;8(5). <https://doi.org/10.3390/pr8050534>

10. Cayemite PE, Gerliani N, Raymond P, Aider M. Study of the impacts of electro-activated solutions of calcium lactate, calcium ascorbate and their equimolar mixture combined with moderate heat treatments on the spores of *Bacillus cereus* ATCC 14579 under model conditions and in fresh salmon. *International Journal of Food Microbiology*. 2021;358. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109285>
11. Lin H-M, Hung Y-C, Deng S-G. Effect of partial replacement of polyphosphate with alkaline electrolyzed water (AEW) on the quality of catfish fillets. *Food Control*. 2020;112. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107117>
12. Athayde DR, Flores DRM, da Silva JS, Genro ALG, Silva MS, Klein B, et al. Application of electrolyzed water for improving pork meat quality. *Food Research International*. 2017;100:757–763. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.009>
13. Environmental Decision Memo for Food Contact Notification No. 1811 [Internet]. [cited 2021 Oct 10]. Available from: <https://www.fda.gov/food/environmental-decisions/environmental-decision-memo-food-contact-notification-no-1811>
14. Han D, Hung Y-C, Wang L. Evaluation of the antimicrobial efficacy of neutral electrolyzed water on pork products and the formation of viable but nonculturable (VBNC) pathogens. *Food Microbiology*. 2018;73:227–236. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.01.023>
15. Gorbacheva MV, Tarasov VE, Kalmanovich SA, Sapozhnikova AI. Electrochemical activation as a fat rendering technology. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(1):32–42. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-1-32-42>
16. Watanabe M, Yamada C, Maeda I, Techapun C, Kuntiya A, Leksawasdi N, et al. Evaluating of quality of rice bran protein concentrate prepared by a combination of isoelectronic precipitation and electrolyzed water treatment. *LWT*. 2019;99:262–267. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.059>
17. Li Z-H, Zhou B, Li X-T, Li S-G. Effect of alkaline electrolyzed water on physicochemical and structural properties of apricot protein isolate. *Food Science and Biotechnology*. 2019;28(1):15–23. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0439-5>
18. Gerliani N, Hammami R, Aider M. Extraction of protein and carbohydrates from soybean meal using acidic and alkaline solutions produced by electro-activation. *Food Science and Nutrition*. 2020;8(2):1125–1138. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1399>
19. Li Y, Zeng Q-H, Liu G, Peng Z, Wang Y, Zhu Y, et al. Effects of ultrasound-assisted basic electrolyzed water (BEW) extraction on structural and functional properties of Antarctic Krill (*Euphausia superba*) proteins. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021;71. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105364>
20. Momen S, Alavi F, Aider M. Alkali-mediated treatments for extraction and functional modification of proteins: Critical and application review. *Trends in Food Science and Technology*. 2021;110:778–797. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.052>
21. Karim A, Aider M. Sustainable electroisomerization of lactose into lactulose and comparison with the chemical isomerization at equivalent solution alkalinity. *ACS Omega*. 2020;5(5):2318–2333. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03705>
22. Aloo SO, Ofori FK, Kilonzi SM, Shabbir U, Oh DH. Edible plant sprouts: Health benefits, trends, and opportunities for novel exploration. *Nutrients*. 2021;13(8). <https://doi.org/10.3390/nu13082882>
23. Borisenko AA. Quantum-chemical study of dispersion medium influence on the emulsifying ability of milk proteins. *Vestnik of MSTU*. 2016;19(3):569–576. (In Russ.). <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2016-3-569-576>
24. Liu R, Yu Z-L, Sun Y-L, Tong L-T, Liu L-Y, Wang L-L, et al. Quality improvement effects of electrolyzed water on rice noodles prepared with semidry-milled rice flours. *Food Science and Biotechnology*. 2021;30(6):823–832. <https://doi.org/10.1007/s10068-021-00923-x>
25. Chen Y-X, Guo X-N, Xing J-J, Sun X-H, Zhu K-X. Effects of wheat tempering with slightly acidic electrolyzed water on the microbial, biological, and chemical characteristics of different flour streams. *LWT*. 2020;118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108790>
26. Nabok MV, Plutahin GA. Baking wheat bread using electro-activated aqueous solutions. *International Resonance Technology Information System*. 2004;(45–2). (In Russ.).
27. Nabok M. B., Плутахин Г. А. Выпечка пшеничного хлеба с использованием в тестозамешивании электроактивированных водных растворов // Международная Инфо-Система по Резонансным Технологиям. 2009. № 45–2.
27. Momen S, Alavi F, Aider M. Impact of alkaline electro-activation treatment on physicochemical and functional properties of sweet whey. *Food Chemistry*. 2022;373. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131428>
28. Orlov BYu, Stepanova EG, Zaytsev AS. Study of the rheological properties of food materials processed by methods of electrotechnology. *Almanac of the World Science*. 2017;17(2–1):65–66. (In Russ.).
29. Орлов Б. Ю., Степанова Е. Г., Зайцев А. С. Исследование реологических свойств пищевых материалов, обработанных методами электротехнологии // Альманах мировой науки. 2017. Т. 17. № 2–1. С. 65–66.
29. Sokol NV, Atroshchenko EA. Study of the effect of electrochemically activated water on rheological properties of dough and quality of bread. *New Technologies*. 2019;(1):170–177. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2072-0920-2019-10117>
30. Nilova L, Naumenko N, Kalinina I. A study of the forms of bound water in bread and bakery products using differential thermal analysis. *Agronomy Research*. 2017;15(S2):1386–1398.

31. Cappelli A, Bettaccini L, Cini E. The kneading process: A systematic review of the effects on dough rheology and resulting bread characteristics, including improvement strategies. *Trends in Food Science and Technology*. 2020;104:91–101. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.008>
32. Naumenko NV. Effect of activated water on the development and maintenance of wheat bread quality. *Cand. sci. eng. abstract diss.* St. Petersburg: Saint Petersburg State Institute of Trade and Economy; 2007. 18 p.
- Науменко Н. В. Влияние активированной воды на формирование качества и сохраняемость хлеба из пшеничной муки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб, 2007. 18 с.
33. Li L, Li W, Hu B. Electrostatic field-induced tip-electrospray ionization mass spectrometry for direct analysis of raw food materials. *Journal of Mass Spectrometry*. 2018;54(1):73–80. <https://doi.org/10.1002/jms.4309>
34. Akhtar M-J, Mondor M, Aider M. Impact of the drying mode and ageing time on sugar profiles and antioxidant capacity of electro-activated sweet whey. *International Dairy Journal*. 2018;80:17–25. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2017.12.013>
35. Kiryukhina AN, Grigoreva RZ, Kozhevnikova AYU. Bread production and bakery products in Russia: Current state and prospects. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):330–337. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-330-337>
36. Djouab A, Aider M. Effect of drying temperature on the antioxidant capacity of a cathodic electroactivated whey permeate. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. 2019;7(5):5111–5121. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.8b05962>
37. Gur'ev SS, Popov VS. Properties of starter cultures based on non-traditional flours. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(3):470–479. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-470-479>
38. Makarov AS, Lutkov IP. Yeast race effect on the quality of base and young sparkling wines. *Foods and Raw Materials*. 2021;9(2):290–301. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-290-301>

Разработка специального сорта пива повышенной антиоксидантной активности с ягодами бузины (*Sambucus nigra* L.)



Л. Ч. Бурак^{1,*}, А. П. Завалей²

¹ ООО «БЕЛРОСАКВА», Минск, Республика Беларусь

² СООО «Ароматик», Дзержинск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию: 20.12.2021

Поступила после рецензирования: 11.02.2022

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: leonidburak@gmail.com

© Л. Ч. Бурак, А. П. Завалей, 2022



Аннотация.

Использование фруктов и ягод в пивоварении способствует увеличению антиоксидантной активности пива. Ягоды бузины (*Sambucus nigra* L.) содержат биологически активные соединения с высокой антиоксидантной способностью. Цель работы – создание специального сорта пива с использованием ягод бузины, вносимых на разных этапах технологического процесса, и изучение антиоксидантной активности.

В качестве объектов исследования выступают образцы пива из светлого солода с добавлением ягод бузины на различных стадиях технологического процесса. pH определяли pH-метром, содержание углеводов и цвет – с помощью спектрофотометра, концентрацию общих полифенолов – колориметрическим методом Фолина-Чокальтеу, антиоксидантную активность – методом улавливания радикалов DPPH, поглощение – с помощью спектрофотометра УФ-видимой области при $\lambda = 517$ нм.

Добавление ягод бузины в количестве 62,5 и 125 г/дм³ увеличивает степень сбраживания. Для достижения оптимального цвета пива (22,29 ед. Европейской пивоваренной конвенции) ягоды необходимо вносить через 15 мин после начала кипячения сусла. Внесение ягод в охлажденное сусло снижает цвет на 6,97 ед. Европейской пивоваренной конвенции. Установлена положительная корреляция между концентрацией вносимых ягод бузины и антиоксидантной активностью продукта. Внесение большего количества ягод бузины способствовало увеличению содержания полифенолов. Изменения pH пива в ходе процесса не установлено: находилось в пределах от 4,25 до 4,81. Концентрация ягод бузины в количестве 1,25 г/дм³ увеличивает антиоксидантную активность в 13,4 раз, а концентрация 125 г/дм³ – в 22 раза. Добавление ягод бузины после кипячения в неохлажденное сусло способствует повышению антиоксидантной активности пива, тогда как при внесении бузины после охлаждения сусла снижается на 16,1 %.

Содержание полифенолов в пиве с бузиной зависит от концентрации ягод, цвет и антиоксидантная способность – от вносимого количества ягод бузины и этапа технологического процесса, в ходе которого добавляли ягоды. С целью сохранения антиоксидантной активности и пищевой ценности пиво с бузиной целесообразно производить нефiltrованным и непастеризованным. Это позволит мини-пивоварням расширить ассортимент и привлечь новых потребителей.

Ключевые слова. Пивное сусло, бузина, ферментация, цвет, полифенолы, антоцианы

Для цитирования: Бурак Л. Ч., Завалей А. П. Разработка специального сорта пива повышенной антиоксидантной активности с ягодами бузины (*Sambucus nigra* L.) // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 168–177. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-168-177>

Elderberry (*Sambucus nigra* L.) Beer with Antioxidant Properties

Leonid Ch. Burak^{1,*}, Andrey P. Zavaley²

¹ LLC “BELROSAKVA”, Minsk, Republic of Belarus

² JLLC “Aromatic”, Dzherzhinsk, Republic of Belarus

Received: 20.12.2021

Revised: 11.02.2022

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: leonidburak@gmail.com

© L.Ch. Burak, A.P. Zavaley, 2022



Abstract.

Fruits and berries increase the antioxidant activity of beer. Elderberries (*Sambucus nigra* L.) contain biologically active compounds with high antioxidant capacity. The research objective was to develop a new kind of beer with elderberries introduced at different stages of the technological process, as well as to study the antioxidant activity of this functional drink. The pH was determined with a pH meter, the carbohydrate content and color – with a spectrophotometer, the optical density – with a spectrophotometer, the total polyphenol content – by the Folin-Ciocalteu colorimetric method, the antioxidant activity – by the DPPH radical scavenging method, and the absorption – with a UV-visible spectrophotometer at $\lambda = 517$ nm.

Elderberries added in the amount of 62.5 and 125 g/dm³ increased the degree of fermentation. According to the European Brewing Convention, the optimal beer color is 22.29 units. To achieve this standard, elderberries had to be added 15 min after the start of boiling the wort. When elderberries were added to the cooled wort, its color decreased by 6.97 units. The concentration of elderberries appeared to have a positive correlation with the antioxidant activity of the finished product: more elderberries meant more polyphenols. The pH did not change during the brewing process and remained within the standard limit of 4.25–4.81. When the concentration of elderberries was 1.25 g/dm³, the antioxidant activity increased by 13.4 times, at 125 g/dm³ – by 22 times. The beer reached its maximal antioxidant activity when elderberries were added to uncooled wort after boiling; it decreased by 16.1% when elderberries were added after cooling the wort.

The content of polyphenols in elderberry beer depended on the concentration of elderberries, while the color and antioxidant capacity – on the amount of elderberries and the stage of the technological process. Unfiltered and unpasteurized elderberries maximized the antioxidant activity and nutritional value of the finished product. The new beer sort will allow microbreweries to expand their product range and attract new consumers.

Keywords. Beer wort, elder, fermentation, color, polyphenols, anthocyanins

For citation: Burak LCh, Zavaley AP. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) Beer with Antioxidant Properties. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):168–177. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-168-177>

Введение

Пиво – самый потребляемый алкогольный напиток во всем мире. Является третьим по популярности после воды и чая [1]. Для приготовления пива в качестве основного сырья используется солод, хмель, вода и пивные дрожжи. В готовом продукте содержатся такие вещества, как углеводы, минералы (калий, магний), витамины (ниацин, рибофлавин, фолиевая кислота, кобаламин, пиридоксин) и аминокислоты. В пиве присутствует большое количество фенольных соединений (рассматриваемых как биологически активные вещества из-за их антиоксидантных свойств), которые образуются из солода (70–80 %) и хмеля (ксантогумол) [2].

Гидроксibenзойные кислоты и флавонолы являются основными фенольными соединениями,

содержащимися в пиве [3, 4]. Преобладающими фенольными соединениями являются феруловая, *n*-кумаровая, ванилиновая и протокатеховая кислоты, небольшое количество катехина, а также *p*-гидроксibenзойная, хлорогеновая, кофейная и синапиновая кислоты [5, 6]. Все эти соединения оказывают влияние на цвет, аромат, вкус и коллоидную стабильность, т. к. при взаимодействии с белками вызывают помутнение [7]. Концентрация фенолов и содержание биологически активных соединений зависит от многих факторов. В первую очередь от состава сырья, используемого в процессе пивоварения [8].

Учитывая потребительский спрос на натуральные и функциональные продукты питания, предприятия пищевой промышленности создают новые продукты и

изменяют рецептуры традиционных. Развитие пивной промышленности дает широкие возможности для расширения ассортимента выпускаемой продукции, улучшения органолептических свойств продукта и его функциональности.

На мировом рынке преобладает пиво, которое варится по классической технологии и производится крупными пивоваренными предприятиями. Это связано с тем, что в некоторых странах на законодательном уровне разрешено использование только основных ингредиентов (вода, солод, хмель и дрожжи). Например, в Баварии (Германия) запрещается вносить любые добавки к пиву, а в Бельгии существует давняя традиция пива с фруктовыми добавками. В Республике Беларусь, в соответствии с действующим законодательством и СТБ 395-2017, есть возможность выпускать специальные сорта пива с использованием плодового и/или растительного сырья и продуктов их переработки. В соответствии с утвержденным Техническим регламентом Евразийского экономического союза «О безопасности алкогольной продукции» ТР ЕАЭС 047/2018 возможность выпускать специальные сорта пива будет у предприятий стран-участниц Таможенного Союза.

В последнее время наблюдается увеличение объема рынка крафтового пива [9]. Появляются специальные сорта пива с более короткими инновационными циклами, чем у традиционного [10]. Это привело к диверсификации традиционных сортов пива и активному поиску новых с различными вкусами [11–13].

Существующие на сегодняшний день современные технологии дают возможность на базе классического пива производить различные сорта с дополнительными функциональными свойствами, которые полезны для здоровья человека, и высокими органолептическими показателями. Это позволяет производителям разрабатывать различные рецептуры новых сортов пива, расширять рынок пивоваренной промышленности и привлекать новых потребителей.

Пиво, сваренное с добавлением фруктовых ингредиентов, характеризуется приятным вкусом. Фруктовые добавки обеспечивают увеличение содержания в готовом продукте биологически активных соединений и антиоксидантной активности напитка. Проведенные исследования подтверждают, что добавление фруктов (вишня, малина, персик, яблоко, плоды айвы и т. д.) в процессе брожения способствует увеличению в готовом пиве биологически активных соединений, таких как каротиноиды и полифенолы. Пиво с добавлением фруктов положительно сказывается на органолептических и функциональных свойствах напитка и оказывает благотворное влияние на организм [1, 14–16].

Бузина (*Sambucus nigra* L.) – род цветковых растений семейства Адоксовых (*Adoxaceae*), включающий около двадцати пяти видов кустарников. Распространена в юго-западной и южной полосе европейской части России, в Беларуси, на Украине и в горах Кавказа до среднегорного пояса. Растет в подлесках лиственных лесов, реже смешанных и хвойных, на плодородных землях и опушках. Многочисленные исследования бузины отечественными и зарубежными учеными подтверждают, что она содержит компоненты с высокой биологической активностью. Это полифенолы, а именно антоцианы, флавонолы, фенольные кислоты и проантоцианидины, а также терпены и лектины. В ягодах бузины установлены следующие антоцианы на основе цианида: цианидин 3-самбубиозид-5-глюкозид, цианидин 3,5-диглюкозид, цианидин 3-самбубиозид, цианидин 3-глюкозид и цианидин 3-рутинозид. Суммарная концентрация антоцианов варьировалась от 756 мг/100 г в бузине дикорастущей до 957 мг/100 г в бузине садовой [17–19]. Ягоды бузины содержат большое количество витаминов и минеральных веществ (магний и кальций). В сухой ягоде бузины содержатся витамин С ~ 1700 мкг/г, β -каротин (провитамин А) ~ 18 мкг/г и общее количество токоферолов (витамин Е) 324 мкг/г, а именно α -токоферол (~ 300 мкг/г). Аналогичные результаты были получены и другими исследователями, которые пришли к выводу о том, что мука из семян бузины является источником α - и γ -токоферолов. Кроме того, в ягодах бузины был обнаружен комплекс витаминов группы В (B_2 , B_3 , B_5 , B_6 , B_9) [20–22].

Так как ягоды бузины обладают антиоксидантной активностью, то было сделано предположение о том, что их добавление на различных стадиях технологического процесса производства пива приведет к извлечению антиоксидантов бузины и их сохранению после процесса ферментации.

Цель данного исследования – разработать специальный сорт пива, обогащенного ягодами бузины, для повышения антиоксидантной активности и определить, сохраняется ли антиоксидантная способность на основе полифенолов на стадии брожения производства пива.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются образцы пива, полученные брожением пивного сусла, приготовленного из светлого солода, внесением хмеля, дрожжей и добавлением ягод бузины (*Sambucus nigra* L.) на различных стадиях технологического процесса. Использовали светлый пильзенский солод производства ОАО «Белсолод» (Республика Беларусь), хмель Hallertauer Herkules (Майнбург, Германия) и сухие пивные дрожжи

Safale S-04 для сброживания пивного сусла (ООО «Мальтбай», Республика Беларусь).

Для проведения исследования использовали следующие реактивы: галловая кислота; фенольный реактив Фолина-Чокальтеу, 2 М, 500 мл, Sigma, 47641-500ML-F и 2,2-дифенил-1-пикрилгидразил (DPPH); аскорбиновая (99,5 %) и серная кислоты (95 %); абсолютный этиловый спирт (99,9 %), этиловый спирт (94,5 %) и метиловый спирт (99,9 %) (ООО «Альгимед Трейд», Республика Беларусь); безводный карбонат натрия (99 %); фенол (98 %) (ЗАО «Пять океанов», Республика Беларусь). Сырые ягоды бузины без плодоножек были закуплены ООО «Ароматик» у населения и хранились в течение месяца в оригинальной упаковке в холодильнике при температуре 5 °С.

Приготовление образцов пива с плодами бузины.

Затор был приготовлен из светлого пильзенского солода, который был измельчен и смешан с водой в соотношении 1:4 на лабораторной пивоваренной установке PICO50 (SALM, Австрия). Процесс затирания начинали при температуре 52 °С в течение 20 мин с паузами для осахаривания при температуре 63 °С в течение 30 мин и при 70 °С в течение 15 мин. Затем сусло фильтровали и отделяли от пивной дробины с помощью установленного металлического сетчатого фильтра и дополнительной фильтрацией через ткань. Сусло разделяли на образцы по 800 мл. Пять образцов кипятили с различной концентрацией плодов бузины в течение 1 ч и добавляли 0,2 г хмеля. Так как ягоды бузины придают отличительный вкус и терпкость, то дополнительная выраженная горечь хмеля не нужна, поэтому его вносили в один прием за 10 мин до окончания кипячения. Это позволяет максимально сохранить хмелевой аромат за счет снижения потерь хмелевых смол и масел при кипячении. Другие пять образцов сусла кипятили с 10 г ягод бузины, добавленных в разное время в процессе кипячения. За 10 мин до окончания кипячения добавляли 0,2 г хмеля. Готовые образцы охмеленного сусла охлаждали и вносили по 0,5 г дрожжей. Процесс брожения начинали при температуре 18 °С. Еще два образца готовили, добавляя по 10 г ягод бузины. В один – сразу после кипячения, во второй – после охлаждения. В два образца вносили по 10 г бузины: в один – после одного дня брожения, во второй – после трех дней брожения. Контрольный образец был приготовлен таким же образом, но без добавления ягод бузины. Описание и обозначение образцов приведены в таблице 1.

Определение pH, содержание углеводов и цвета.

Определение pH проводили с помощью pH-метра стационарного HI 2211-02 (Германия).

Содержание углеводов в пиве определяли методом фенол-сернокислотного анализа, раствор глюкозы использовали для построения калибровочного гра-

фика [22]. Образцы пива разбавляли водой в соотношении 1:50. Затем 50 мкл разбавленного образца помещали в 96-луночный планшет и смешивали с 150 мкл серной кислоты и 30 мкл 5 % фенола. После выдержки в нагревательной бане в течение 5 мин при 90 °С планшет охлаждали до комнатной температуры и измеряли на спектрофотометре BioTek Epoch2 (США) при $\lambda = 490$ нм. Цвет измеряли двумя методами с помощью спектрофотометра УФ-видимой области при $\lambda = 430$ нм в соответствии со стандартным эталонным методом (SRM) и методом в единицах EBC [23]. При анализе крафтовых сортов фруктового пива эти методы могут давать неточный результат, т. к. фруктовые добавки разного цвета имеют другой спектр поглощения, чем обычное пиво [24].

Для сравнения и большей достоверности результата цвет определяли в двух единицах SRM и EBC [24]. Все измерения проводили троекратно.

Анализ общего содержания полифенолов (TPC).

Концентрацию общих полифенолов в образцах пива определяли колориметрическим методом Фолина-Чокальтеу. Фенольный реагент Фолина и Чокальтеу (FCR) разбавляли водой 1:15. 15 мкл образца помещали в 96-луночный микропланшет и добавляли разбавленный FCR. Смесь инкубировали в темноте 10 мин при 18 °С. Затем в каждую лунку добавляли 15 мкл 20 % карбоната натрия, планшет встряхивали и измеряли оптическую плотность с помощью спектрофотометра УФ-видимой области при $\lambda = 755$ нм. Результаты в диапазоне концентраций 25–300 мкг/см³ находили с помощью калибровочного графика [25].

Определение антиоксидантной активности.

Антиоксидантную активность в образцах определяли методом улавливания радикалов DPPH [26].

Спектрофотометрия свободных радикалов основана на реакции DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), растворенного в метаноле, с образцом антиоксиданта (АН) по схеме: DPPH + АН → DPPH-H + А. В результате восстановления DPPH (C₁₈H₁₂N₅O₆ – молекулярная масса 394,33) антиоксидантом снижается пурпурно-синяя окраска DPPH в метаноле, а реакция контролируется по изменению оптической плотности при 517 нм методами спектрофотометрии. 10 мг DPPH растворяли в 250 мл 80 % метанола. Затем 20 мкл образца помещали в лунку микропланшета и добавляли 300 мкл раствора DPPH. Смесь инкубировали в темноте 30 мин при 18 °С. Поглощение измеряли с помощью спектрофотометра УФ-видимой области при $\lambda = 517$ нм. Результаты находили по калибровочному графику в диапазоне 5–100 мкг/см³ аскорбиновой кислоты.

Статистический анализ. Для сравнения средних значений полученных данных применяли односторонний дисперсионный анализ. Статистически

Таблица 1. Описание образцов

Table 1. Samples

Образец	Характеристика	Массовая концентрация ягод бузины, г/дм ³	Стадия процесса добавления бузины
№ 1	Добавление плодов бузины	1,25	Перед кипячением
№ 2	Добавление плодов бузины	6,25	Перед кипячением
№ 3	Добавление плодов бузины	25,0	Перед кипячением
№ 4	Добавление плодов бузины	62,5	Перед кипячением
№ 5	Добавление плодов бузины	125,0	Перед кипячением
№ 6	Кипячение сусла с бузиной 60 мин	12,5	Перед кипячением
№ 7	Кипячение сусла с бузиной 45 мин	12,5	За 45 мин до окончания кипячения
№ 8	Кипячение сусла с бузиной 30 мин	12,5	За 30 мин до окончания кипячения
№ 9	Кипячение сусла с бузиной 15 мин	12,5	За 15 мин до окончания кипячения
№ 10	Кипячение сусла с бузиной 5 мин	12,5	За 5 мин до окончания кипячения
№ 11	Кипячение сусла с бузиной 60 мин	12,5	Перед кипячением
№ 12	Добавление ягод после окончания кипячения	12,5	После окончания кипячения
№ 13	Добавление ягод бузины после охлаждения сусла	12,5	После охлаждения сусла до 18 °С
№ 14	Добавление ягод бузины через день после начала брожения	12,5	Через день после начала брожения
№ 15	Добавление ягод бузины через три дня после начала брожения	12,5	Через три дня после начала брожения
Контроль	–	–	–

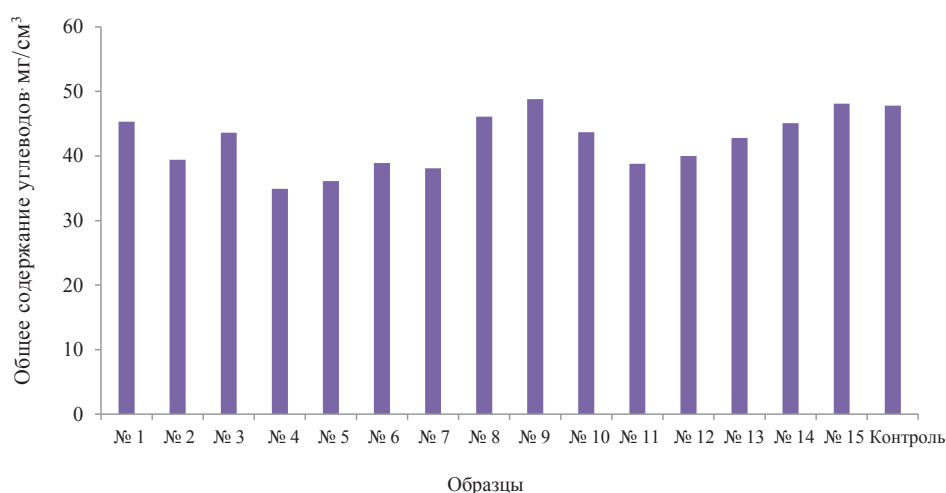


Рисунок 1. Общее содержание углеводов в пиве с добавлением бузины

Figure 1. Total carbohydrate content in elderberry beer

значимым принимали $P < 0,05$. Корреляционный анализ проводился с коэффициентами корреляции Пирсона в Microsoft Excel 16.0.

Результаты и их обсуждение

Содержание углеводов. Несброженные сахара в готовом пиве повышают его питательную ценность и сладость. Проведенный фенол-сернокислотный анализ использовался для определения остаточной

концентрации углеводов в готовом пиве в пересчете на глюкозу. Снижение аттенюации является показателем хода процесса брожения сусла. Это вызвано такими факторами, как температура ферментации, наличие несбраживаемых сахаров, низкая ферментативная способность дрожжей или ингибирующее действие биологически активных веществ, содержащихся в пивном сусле с бузиной. Из рисунка 1 видно, что происходит увеличение сбраживания

сахаров – статистически значимое снижение содержания углеводов ($P < 0,05$) – при добавлении большего количества плодов бузины и при более продолжительном времени экстракции. Установлено снижение на 12,9 и 11,7 мг/см³ эквивалента глюкозы в образцах № 2 и 5 соответственно, а также на 8,9 и 9,7 мг/см³ в образцах № 6 и 7 соответственно по сравнению с контрольным образцом.

Ягоды бузины могут увеличивать содержание углеводов в пиве и влиять на видимую степень сбраживания. Однако содержание углеводов в бузине составляет $87,62 \pm 2,48$ мг/кг сырого вещества [17]. Это предполагает очень незначительное увеличение (приблизительно от 0,9 до 1,2 мг/см³ для образцов № 6–15) общего содержания углеводов в пиве. Полученный результат свидетельствует о том, что добавление ягод бузины не снижает ферментативную способность используемого штамма дрожжей, но более высокие концентрации ягод бузины – 62,5 и 125 г/дм³ – способствуют увеличению степени сбраживания. Поскольку уровни оксигенации и внесения дрожжей одинаковы для всех образцов, то pH пива было в пределах от 4,25 до 4,81 (табл. 2). Других изменений параметров процесса не установлено. Наблюдаемая разница в аттенуации связана с соединениями, извлеченными из плодов бузины. Влияние экстракта бузины на аттенуацию не опубликовано. Поэтому этот процесс не исследовался и есть необходимость в проведении дальнейших исследований.

Цвет. При добавлении ягод бузины на стадии кипячения происходило увеличение цвета в течение 45 мин кипячения на 2,74 ед. SRM или 5,36 ед. EBC.

Затем наблюдалось снижение цвета. Это указывает на то, что, наряду с процессом экстракции антоцианов из ягод бузины в сусло, под действием температуры происходит их термическое разложение. Установлено, что оптимальное время для внесения ягод бузины – через 15 мин после начала процесса кипячения, если необходимо получить такой цвет пива, значение которого равно 22,29 ед. EBC. Внесение ягод бузины в сусло после кипячения привело к аналогичному показателю цвета, тогда как результат добавления ягод в охлажденное сусло показывает снижение еще на 3,54 ед. SRM или 6,97 ед. EBC. Это свидетельствует о том, что более высокие температуры улучшают экстракцию цвета даже при незначительном времени воздействия. Снижение цвета в ед. EBC на 30 % в образцах, кипяченных в течение 60 мин, по сравнению с образцами, в которые ягоды бузины были добавлены после кипячения, можно объяснить термической деградацией антоцианов. В процессе брожения происходило снижение цвета на 0,97 ед. SRM (1,67 ед. EBC) через день после начала брожения и на 1,4 ед. SRM (2,7 ед. EBC) после трех дней брожения. Это объясняется общеизвестными процессами, влиянием pH броющего сусла, а также дрожжей, которые адсорбируют на поверхности клеточной стенки красящие вещества.

Содержание общих полифенолов. Общее количество полифенольных соединений показано на рисунке 2. Общее количество фенолов в образцах не зависело от продолжительности кипячения и не показало прямой корреляции с показателем цвета пива. Это позволяет предположить, что цвет и общее содержание полифенолов взаимосвязаны, но не прямо пропорционально. Полученные данные свидетельствуют о прямой зависимости между общей концентрацией полифенолов и антиоксидантной активностью. Также установлено, что с увеличением концентрации вносимых ягод бузины растет общее содержание полифенолов. Поэтому можно сделать вывод о том, что экстракция протекает эффективно благодаря высокой растворимости и полному извлечению полифенолов из ягод бузины.

Антиоксидантная активность. Антиоксидантную активность определяли в контрольном образце и образцах с добавлением ягод бузины. Результаты показаны на рисунке 2.

Сравнивая антиоксидантную активность в образцах с добавлением ягод бузины с антиоксидантной активностью контрольного образца, установлено увеличение на 7,9 мг/см³ в образце пива на третий день брожения и на 78,2 мг/см³ в образце с наибольшей концентрацией ягод. Увеличение количества вносимых ягод бузины повышало антиоксидантную активность. Это привело к сильной положительной корреляции: коэффициент корреляции Пирсона 0,92 и $P < 0,009$. При внесении 125 г/дм³ ягод бузины происходит

Таблица 2. Значения pH и оценка цвета (SRM и EBC) в образцах пива с бузиной

Table 2. pH and color (SRM and EBC) in elderberry beer

Образец	pH	Цвет	
		ед. SRM	ед. EBC
Контроль	4,34	$6,75 \pm 0,01$	$13,28 \pm 0,03$
№ 1	4,40	$7,85 \pm 0,11$	$15,44 \pm 0,06$
№ 2	4,76	$8,27 \pm 0,04$	$16,25 \pm 0,24$
№ 3	4,39	$9,01 \pm 0,02$	$17,73 \pm 0,08$
№ 4	4,39	$9,83 \pm 0,06$	$19,33 \pm 0,07$
№ 5	4,30	$13,26 \pm 0,08$	$26,06 \pm 0,16$
№ 6	4,44	$8,60 \pm 0,14$	$16,93 \pm 0,15$
№ 7	4,36	$11,34 \pm 0,14$	$22,29 \pm 0,32$
№ 8	4,35	$9,62 \pm 0,21$	$18,91 \pm 0,45$
№ 9	4,42	$8,12 \pm 0,09$	$15,96 \pm 0,06$
№ 10	4,34	$8,02 \pm 0,09$	$15,76 \pm 0,17$
№ 11	4,44	$8,60 \pm 0,14$	$16,93 \pm 0,15$
№ 12	4,28	$11,96 \pm 0,22$	$23,51 \pm 0,41$
№ 13	4,40	$8,42 \pm 0,02$	$16,54 \pm 0,04$
№ 14	4,41	$7,45 \pm 0,11$	$14,67 \pm 0,21$
№ 15	4,32	$7,02 \pm 0,01$	$13,84 \pm 0,11$

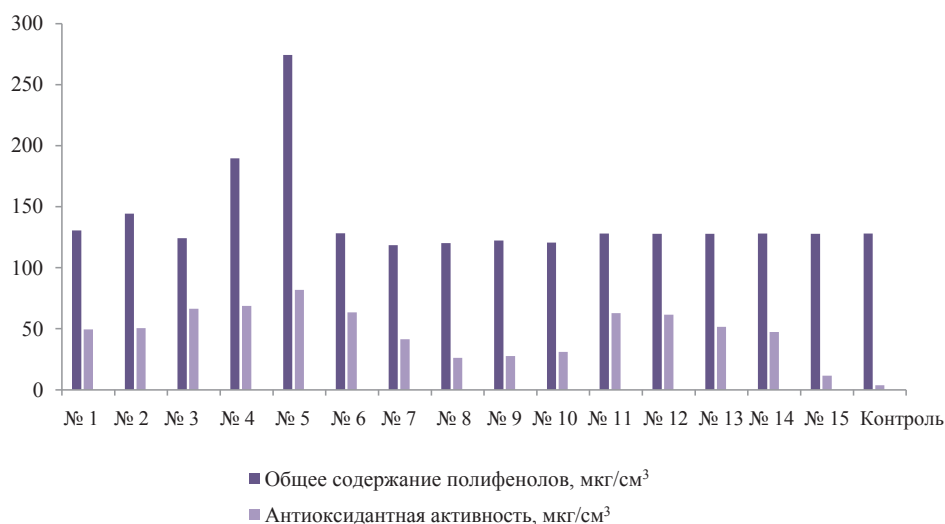


Рисунок 2. Общее количество полифенолов и антиоксидантная активность в эквиваленте витамина С в образцах пива с ягодами бузины

Figure 2. Total polyphenols and antioxidant activity in vitamin C equivalent in elderberry beer

увеличение антиоксидантной активности в 22 раза, а добавление ягод в концентрации 1,25 г/дм³ – в 13,4 раза. Антиоксидантная активность в образцах, в которые добавляли ягоды бузины перед кипячением и после кипячения (№ 11 и 12), отличается незначительно ($P = 0,48$): снижение составило 1,3 мкг/см³. В образцах, в которых бузину вносили во время кипячения, наблюдались низкие значения антиоксидантной активности. Потери составили более 49 %. Это говорит о том, что конечная концентрация антиоксидантных веществ зависит от двух факторов. Первый – скорость экстракции, второй – скорость разложения антиоксидантов под воздействием температуры. Добавление ягод бузины после кипячения, но до охлаждения сусла, оказалось наиболее эффективным для обеспечения максимальной антиоксидантной активности пива. Добавление ягод бузины после охлаждения сусла привело к снижению антиоксидантной способности на 16,1 %.

Добавление ягод бузины на разных стадиях брожения привело к низкой антиоксидантной активности продукта. Кроме этого, заметной разницы в терпкости, по сравнению с предварительной органолептической оценкой, не установлено. Поэтому вносить ягоды бузины в процессе брожения нецелесообразно. Внесение ягод бузины даже в небольших количествах увеличивало антиоксидантную активность в 3,1 раза (после добавления на третий день ферментации) и в 26,4 раза при добавлении 125 г/дм³ ягод бузины перед кипячением сусла.

Влияние ягод бузины на антиоксидантную активность пива не будет зависеть от используемого солода или сорта хмеля. Однако использование других

типов солода, хмеля, разных параметров брожения и времени выдержки может повлиять на эти результаты, поскольку скорость и время ферментации могут привести к окислению полифенолов и к потере антиоксидантной активности готового продукта. Снижение полифенолов и антиоксидантной активности в готовом пиве неизбежно, т. к. в процессе дальнейшего брожения, созревания и взаимодействия дрожжей с фенольными веществами происходят физико-химические процессы. С целью минимального снижения антиоксидантной активности продукта пиво с бузиной целесообразно производить нефiltrованным и непастеризованным. Отсутствие процесса фильтрации и пастеризации позволит максимально сохранить пищевую ценность пива. Срок годности нефiltrованного пива меньше, что в условиях мини-пивоварен не критично.

Полученные результаты подтверждают данные исследований о том, что добавление свежих фруктов повышает антиоксидантную активность, общее содержание полифенолов и флавоноидов по сравнению с обычным пивом. Антиоксидантная активность, общее содержание полифенолов и флавоноидов были выше в большинстве сортов фруктового пива по сравнению с пивом без фруктов. Установленная положительная линейная корреляция между антиоксидантной активностью и общим содержанием полифенолов и флавоноидов позволяет предположить, что полифенолам принадлежит основная роль в антиоксидантной активности пива [14, 27–30].

В данном исследовании не ставилась цель разработать и представить готовую рецептуру пива с добавлением ягод бузины, а также провести полный

физико-химический анализ и органолептическую оценку готовой продукции. Это является целью дальнейших исследований.

Выводы

Бузину черную (*Sambucus nigra* L.) как источник важных биологически активных соединений целесообразно использовать в пивоваренной отрасли не только как краситель, но и как антиоксидант. Добавление ягод бузины в пивное сусло на различных этапах технологического процесса производства пива оказывает положительное влияние на антиоксидантную активность готового продукта, а также на изменение цвета и pH. Общее содержание полифенолов в готовом пиве с бузиной зависит от количества добавленных ягод, а цвет и антиоксидантная активность готового продукта зависят не только от количества, но и от стадии технологического процесса, в ходе которого добавляются ягоды.

Для достижения максимальной антиоксидантной активности и минимальной окраски готового пива ягоды бузины следует вносить перед кипячением. Если конечной целью является получение продукта с высокой антиоксидантной активностью и насыщенным цветом, то ягоды бузины следует добавлять в горячее охмеленное сусло перед процессом охлаждения. Ягоды бузины в качестве фруктовой добавки, увеличивающей антиоксидантную активность пива, целесообразно использовать в производстве крафтовых сортов, которые не подвергаются фильтрации и пастеризации.

Нами продолжаются исследования по разработке рецептуры и утверждению нормативной документации, определению всех физико-химических и органолептических показателей специального сорта пива с добавлением бузины.

Критерии авторства

Л. Ч. Бурак – анализ данных литературы по проблеме, разработка плана исследования, получение экспериментальных данных, разработка технологического процесса, анализ полученных результатов, формулирование выводов и написание статьи. А. П. Завалей – работа с литературными источниками, подбор методов химического анализа и проведение испытаний, написание статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают признательность и искреннюю благодарность руководству ООО «Ароматик» за предоставление образцов сырья и помощь в проведении испытаний.

Contribution

L.Ch. Burak reviewed scientific publications, developed the research plan, obtained experimental data, designed the technological process, analyzed the results, formulated the conclusions, and wrote the article. A.P. Zavaley worked with literary sources, selected the methods of chemical analysis and testing, and wrote the article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Acknowledgments

The authors express their gratitude to the Aromatik JLLC for the raw materials and assistance.

References/Список литературы

1. Zapata PJ, Martínez-Esplá A, Gironés-Vilaplana A, Santos-Lax D, Noguera-Artiaga L, Carbonell-Barrachina ÁA. Phenolic, volatile, and sensory profiles of beer enriched by macerating quince fruits. LWT. 2019;103:139–146 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.002>
2. Habschied K, Lončarić A, Mastanjević K. Screening of polyphenols and antioxidative activity in industrial beer. Foods. 2020;9(2). <https://doi.org/10.3390/foods9020238>
3. Gašior J, Kawa-Rygielska J, Kucharska AZ. Carbohydrates profile, polyphenols content and antioxidative properties of beer worts produced with different dark malts varieties or roasted barley grains. Molecules. 2020;25(17). <https://doi.org/10.3390/molecules25173882>
4. Tronina T, Popłoński J, Bartmańska A. Flavonoids as phytoestrogenic components of hops and beer. Molecules. 2020; 25(18). <https://doi.org/10.3390/molecules25184201>
5. Ducruet J, Rébénaque P, Diserens S, Kosińska-Cagnazzo A, Héritier I, Andlauer W. Amber ale beer enriched with goji berries – The effect on bioactive compound content and sensorial properties. Food Chemistry. 2017;226:109–118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.047>

6. Sandoval-Ramírez BA, Lamuela-Raventós RM, Estruch R, Sasot G, Doménech M, Tresserra-Rimbau A. Beer polyphenols and menopause: Effects and mechanisms – A review of current knowledge. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017;2017. <https://doi.org/10.1155/2017/4749131>
7. Ambra R, Pastore G, Lucchetti S. The role of bioactive phenolic compounds on the impact of beer on health. *Molecules*. 2021;26(2). <https://doi.org/10.3390/molecules26020486>
8. Cheiran KP, Raimundo VP, Manfroí V, Anzanello MJ, Kahmann A, Rodrigues E, et al. Simultaneous identification of low-molecular weight phenolic and nitrogen compounds in craft beers by HPLC-ESI-MS/MS. *Food Chemistry*. 2019;286:113–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.198>
9. Burak LCh. Prospects for the production of beer with functional properties. *Technologies of the Food and Processing Industry of the Agro-Industrial Complex – Healthy Food Products*. 2021;(2):79–88. (In Russ.).
- Бурак Л. Ч. Перспективы производства пива с функциональными свойствами // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2021. № 2. С. 79–88.
10. Cabras I, Bamforth C. From reviving tradition to fostering innovation and changing marketing: the evolution of micro-brewing in the UK and US, 1980–2012. *Business History*. 2016;58(5):625–646. <https://doi.org/10.1080/00076791.2015.1027692>
11. Aquilani B, Laureti T, Poponi S, Secondi L. Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences. *Food Quality and Preference*. 2015;41:214–224. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.12.005>
12. Ivanchenko OB, Danina MM. The use of leaves of sage and yarrow in the technology Dark Ales. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2018;(1):11–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2018-17-1-11-18>
13. Sokolenko GG, Shilova ES. Development of technology of beer special with an extract of leaves of amaranth. *Beer and beverages*. 2015;(4):62–65. (In Russ.).
- Соколенко Г. Г., Шилова Е. С. Разработка технологии пивного напитка с использованием листьев амаранта // Пиво и напитки. 2015. № 4. С. 62–65.
14. Nardini M, Garaguso I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food Chemistry*. 2020;305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>
15. Granato D, Shahidi F, Wrolstad R, Kilmartin P, Melton LD, Hidalgo FJ, et al. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents: Should we ban *in vitro* screening methods? *Food Chemistry*. 2018;264:471–475. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.012>
16. Humia BV, Santos KS, Schneider JK, Lessa IL, de Abreu Barreto G, Batista T, et al. Physicochemical and sensory profile of Beaugard sweet potato beer. *Food Chemistry*. 2020;312. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126087>
17. Młynarczyk K, Walkowiak-Tomczak D, Łysiak GP. Bioactive properties of *Sambucus nigra* L. as a functional ingredient for food and pharmaceutical industry. *Journal of Functional Foods*. 2018;40:377–390. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.11.025>
18. Młynarczyk K, Walkowiak-Tomczak D, Staniek H, Kidoń M, Łysiak GP. The content of selected minerals, bioactive compounds, and the antioxidant properties of the flowers and fruit of selected cultivars and wild growing plants of *Sambucus nigra* L. *Molecules*. 2020;25(4). <https://doi.org/10.3390/molecules25040876>
19. Burak LCh, Zavaley AP. Technology of production and quality assessment of direct-squeezed juice and concentrated elderberry growing in the Republic of Belarus. *Food Industry*. 2021;(11):83–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.52653/PPI.2021.11.11.001>
20. Domínguez R, Zhang L, Rocchetti G, Lucini L, Pateiro M, Munekata PES, et al. Elderberry (*Sambucus nigra* L.) as potential source of antioxidants. Characterization, optimization of extraction parameters and bioactive properties. *Food Chemistry*. 2020;330. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127266>
21. Neves CMB, Pinto A, Gonçalves F, Wessel DF. Changes in elderberry (*Sambucus nigra* L.) juice concentrate polyphenols during storage. *Applied Sciences*. 2021;11(15). <https://doi.org/10.3390/app11156941>
22. Chow PS, Landhäusser SM. A method for routine measurements of total sugar and starch content in woody plant tissues. *Tree Physiology*. 2004;24(10):1129–1136. <https://doi.org/10.1093/treephys/24.10.1129>
23. DeLange AJ. The standard reference method of beer color specification as the basis for a new method of beer color reporting. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2008;66(3):143–150. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2008-0707-01>
24. Koren D, Hegyesné Vecseri B, Kun-Farkas G, Urbin Á, Nyitrai Á, Sipos L. How to objectively determine the color of beer? *Journal of Food Science and Technology*. 2020;57(3):1183–118. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04237-4>
25. Prior RL, Wu X, Schaich K. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2005;53(10):4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>

26. Sharma OP, Bhat TK. DPPH antioxidant assay revisited. Food Chemistry. 2009;113(4):1202–1205. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.008>
27. Gasiński A, Kawa-Rygielska J, Szumny A, Gąsior J, Głowacki A. Assessment of volatiles and polyphenol content, physicochemical parameters and antioxidant activity in beers with dotted hawthorn (*Crataegus punctata*). Foods. 2020;9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060775>
28. Nardini M, Foddai MS. Phenolics profile and antioxidant activity of special beers. Molecules. 2020;25(11). <https://doi.org/10.3390/molecules25112466>
29. Gouvinhas I, Breda C, Barros AI. Characterization and discrimination of commercial portuguese beers based on phenolic composition and antioxidant capacity. Foods. 2021;10(5). <https://doi.org/10.3390/foods10051144>
30. Ambra R, Pastore G, Lucchetti S. The role of bioactive phenolic compounds on the impact of beer on health. Molecules. 2021;26(2). <https://doi.org/10.3390/molecules26020486>

Цифровые маркетинговые коммуникации на рынке спортивного питания



М. А. Шемчук^{*ID}, В. Г. Шадрин^{ID},
О. С. Комарчева^{ID}, О. В. Коновалова^{ID}

Кемеровский государственный университет^{ROR}, Кемерово, Россия

Поступила в редакцию: 06.09.2021

Поступила после рецензирования: 30.01.2022

Принята к публикации: 14.02.2022

*e-mail: schemchukmasha@mail.ru

© М. А. Шемчук, В. Г. Шадрин, О. С. Комарчева,
О. В. Коновалова, 2022



Аннотация.

Необходимость в правильном питании и здоровом образе жизни, особенно в условиях пандемии COVID-19, повлияла на увеличение количества людей всех возрастных групп, включающих в свой рацион специальные продукты. Изучение специфики маркетинга рынка спортивного питания, предпочтений потребителей и цифровых маркетинговых коммуникаций актуально. Цель работы – выявление роли цифровых маркетинговых коммуникаций при реализации спортивного питания на примере Кемеровской области – Кузбасса.

Объектом исследования являются предпочтения потребителей в области спортивного питания. Использовали метод анкетирования в виде опроса населения г. Кемерово через социальные сети Вконтакте и Instagram*, а также статистико-экономический и графический методы. Объем выборки – 500 человек.

Основными потребителями спортивного питания в Кемеровской области – Кузбассе являются мужчины в возрасте 18–29 лет, которые приобретают продукцию в специализированных магазинах или интернет-ресурсах. Почти 90 % ответивших указали, что решение о покупке зависит от грамотной консультации продавца, рекомендаций тренера или иного специалиста. Целевая аудитория потребителей спортивного питания расширилась. Выявлено, что эффективными средствами продвижения данного вида товаров являются инструменты цифрового маркетинга, которые позволяют персонализировано донести информацию до целевой аудитории и убрать внутренние возражения потребителей. Особое внимание потребители отводят социальным сетям, а также лидерам мнений.

На рынке спортивного питания приоритет смещается с традиционных каналов маркетинговых коммуникаций на цифровые: контекстную и таргетированную рекламу, рекламу вирусного воздействия, продвижение в социальных сетях и маркетинг взаимоотношений. Полученные данные позволили сформулировать рекомендации для производителей и продавцов спортивного питания с учетом требований целевой аудитории и ее предпочтений относительно места покупки, контента и каналов коммуникаций.

Ключевые слова. Питание, цифровой маркетинг, новые медиа, социальные сети

Для цитирования: Цифровые маркетинговые коммуникации на рынке спортивного питания / М. А. Шемчук [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 178–188. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-178-188>

*Компания Meta Platforms, владеющая социальными сетями Facebook и Instagram, признана экстремистской организацией, ее деятельность запрещена на территории РФ.

Digital Marketing Communications in the Sports Nutrition Market

Maria A. Shemchuk^{*}, Vladislav G. Shadrin, Oxsana S. Komarcheva, Olga V. Konovalova

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Received: 06.09.2021

Revised: 30.01.2022

Accepted: 14.02.2022

*e-mail: schemchukmasha@mail.ru

© M.A. Shemchuk, V.G. Shadrin, O.S. Komarcheva, O.V. Konovalova, 2022



Abstract.

Healthy diet and lifestyle are especially important during the COVID-19 pandemic. Therefore, more and more people of all age groups are getting involved into various sports and healthy diets. These factors have boosted the development of the sports nutrition industry. The current situation requires detailed studies of consumer preferences and digital marketing communications. The present research objective was to identify the role of digital marketing communications in sports nutrition.

The study featured the consumer preferences in the market of sports nutrition and included an on-line survey of 500 residents of the Kuzbass Region engaged in various sports. The obtained results underwent statistical, economic, and graphic analyses. Men aged 18–29 appeared to be the main consumers of sports nutrition in Kuzbass. Most of them (90%) relied on the competent advice from the seller or coach and purchased sports foods in specialized shops or online. The target audience of sports nutrition consumers is expanding, which requires new promotion means. Digital marketing tools proved extremely effective as they bring information to the target audience in a tailored manner via social nets or influential bloggers.

The article contains some recommendations for producers and sellers of sports foods based on the requirements of the main target consumers and their preferences regarding the place of purchase, content, communication channels, etc. The priority is shifting from traditional marketing communication channels to digital ones, i.e. contextual, targeted, and viral advertising, social media promotion, consultations with a shop assistant or a fitness club coach, direct online marketing, sponsorship of various sports events, joint online promotions with fitness club, etc.

Keywords. Nutrition, digital marketing, new media, social media

For citation: Shemchuk MA, Shadrin VG, Komarcheva OS, Konovalova OV. Digital Marketing Communications in the Sports Nutrition Market. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):178–188. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-178-188>

Введение

В связи с ростом популярности здорового образа жизни активно начал развиваться рынок спортивного питания. Для обеспечения успешной продажи спортивного питания компаниям необходимо сделать гораздо больше, чем просто произвести высококачественную продукцию по доступной цене или разместить товар на полках торговых точек таким образом, чтобы привлечь к нему потенциальных потребителей. Компаниям требуется приложить усилия для привлечения и удержания своих клиентов. Необходимо активное продвижение товара и установление взаимовыгодных отношений с покупателями для повышения их лояльного отношения с учетом требований и предпочтений.

Современный потребитель предпочитает общение в цифровом пространстве. В связи с этим традицион-

ные средства маркетинговых коммуникаций теряют свою актуальность, а цифровые каналы приобретают все большую востребованность. Актуальность работы обусловлена необходимостью постоянной адаптации компании к изменяющимся условиям внешней среды и предпочтениям потребителей при использовании маркетинговых коммуникационных каналов общения с потребителями и воздействия на них.

Целью работы является определение места и роли цифровых маркетинговых коммуникаций на рынке спортивного питания для удовлетворения растущих потребностей населения, ведущих здоровый образ жизни и занимающихся спортом.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются предпочтения потребителей в области спортивного питания и

способы получения ими информации. Методом исследования выбран социологический опрос населения г. Кемерово в форме анкетирования через социальные сети Вконтакте и Instagram среди подписчиков спортивных клубов. В работе использовались статистико-экономический и графический методы исследования. В исследовании приняли участие 500 респондентов разных возрастов.

Результаты и их обсуждения

Компании нуждаются в инвестициях в маркетинговые коммуникации. Требуется активное продвижение товара и установление взаимовыгодных отношений с покупателями для повышения их лояльного отношения. Поэтому необходимо понимать, что такое маркетинговые коммуникации.

Существуют различные потребности и разные потребители. В связи с этим компании следует разрабатывать программы для всевозможных сегментов рынка, вплоть до отдельного покупателя. Однако процесс не должен заканчиваться только построением каналов донесения информации. Он должен содержать способ получения обратной связи. Компания должна реализовывать свои товары или услуги, сопровождая их уникальными, информативными и привлекательными обращениями, которые удовлетворяют потребности и желания покупателей. Поэтому она должна уделять внимание своей коммуникационной политике.

Для распространения маркетинговых обращений применяются различные виды коммуникаций. Такая процедура способна реализоваться как с помощью запланированных программ по продвижению, так и с помощью внепланового применения компонентов маркетинга (оказывающих конкретное воздействие). Это внешний вид продукта, упаковка или цена, а также другие методы установления контакта с потребителем, такие как реклама, PR, прямой маркетинг и стимулирование сбыта.

С помощью рекламы можно добиться большого привлечения потребителей. Связь между рекламодателем и аудиторией носит косвенный характер. С одной стороны, рекламу можно применять с целью создания долгосрочного привлекательного образа товара, а с другой – для стимулирования быстрого сбыта.

Стимулирование сбыта по отношению к покупателям осуществляется с помощью ценовых и неценовых методов. Они заставляют потребителей немедленно приобрести предложенный товар, т. е. помогают компании в достижении мощной и своевременной ответной реакции.

Важной функцией установления и поддержания общения, взаимопонимания и партнерства между компаниями и потенциальными потребителями, решения различных проблем и задач, а также достижения высокой узнаваемости и повышения лояльности к компании является PR. Public Relations (PR)

включает в себя такие формы коммуникаций, как выступление руководителей компании на конференциях и семинарах, участие компании в общественно-значимых мероприятиях, спонсорская деятельность, дни открытых дверей, экскурсии по предприятиям, участие в выставках и ярмарках, где налаживаются контакты, популяризируется продукция, изучается мнение клиентов, а также благотворительность и прочие специальные мероприятия. Обдуманная пропагандистская деятельность, увязанная с другими компонентами комплекса стимулирования, может стать успешной.

Прямой маркетинг представляет собой вид маркетинговых коммуникаций, в основе которых лежит персонализированный подход к клиенту, предполагающий тесное взаимодействие, обратную связь и отсутствие информационных посредников для коммуникации. Цель прямого маркетинга – предполагаемый ответный отклик покупателя, проявленный в приобретении товара.

Перечисленные средства коммуникаций активно перетекают в цифровую среду вслед за меняющимися предпочтениями потребителями. Глобальная интернет-среда является открытой и адаптивной. С развитием сети Интернет коммуникационная модель получила принципиально иную форму общения компании с потребителями. Особенностью коммуникационной модели общения в цифровом пространстве является избирательность выбора и возможность постоянного поддержания отношений между сторонами коммуникационного процесса. Потребитель сам определяет, через какие каналы ему удобнее получить информацию и какими каналами воспользоваться при получении необходимой ему информации. Также изменяется форма самого сообщения. Она может носить индивидуальный и персонифицированный характер. Потребитель нового поколения, используя цифровые коммуникации, может самостоятельно продуцировать и распространять контент о компании [1–3].

Цифровая среда предоставляет новые способы коммуникаций с целевой аудиторией. На первое место выходят цифровые коммуникации, так называемые «новые медиа», включающие веб-сайты, e-mail маркетинг, интернет-рекламу, интернет-сообщества, мобильные приложения, электронные киоски, использование цифровых камер, средства AR- и VR-реальности и т. д. [4].

Основными характеристиками «новых медиа» являются наличие интернет-среды, интерактивное взаимодействие и равноправие участников маркетинговых коммуникаций.

Интегрированные маркетинговые коммуникации в «новых медиа» имеют несколько преимуществ:

- глобальный охват;
- мультиэффективное воздействие на целевую аудиторию;

- четкое сегментирование аудитории;
- персонализация коммуникаций;
- таргетированность сообщений;
- наличие диалога и обратной связи с целевой аудиторией;
- наличие инструментов анализа поведения потребителей;
- расширение каналов и форматов представления коммуникаций, которое влияет на продвижение всех сфер деятельности и товаров, в том числе продукции спортивного питания [5–7].

Многие потенциальные потребители считают, что спортивное питание – это допинг для профессиональных спортсменов и тех, кто регулярно занимается спортом. Другое мнение связано с тем, что специальное питание для спорта не только полезно, но и необходимо для поддержания формы [8, 9].

Спортивное питание выпускается для людей, ведущих активный образ жизни и занимающихся спортом и фитнесом. Изготавливается из тех же продуктов, которые употребляются в пищу, но зачастую их количества оказывается недостаточно, особенно для активно занимающихся спортом. Спортивное питание – это набор пищевых добавок, которые извлекаются из натуральных продуктов путем сложных технических процессов.

Недостаточное количество полезных веществ при занятии спортом приводит к быстрой утомляемости, слабости и общей усталости организма. В результате этого рассеивается внимание, начинаются проблемы со сном и падает иммунитет. Чтобы помочь организму справиться с нагрузками и добиться желаемых результатов, учеными разрабатывается и совершенствуется спортивное питание. Задача спортивного питания состоит в обеспечении не только спортсменов, но и людей, ведущих здоровый образ жизни, необходимыми элементами, витаминами и питательными веществами. В одной капсуле, ложке порошка, растворе или батончике спортивного питания сконцентрировано сбалансированное количество натуральных ингредиентов [10, 11].

Спортивное питание употребляется для обогащения организма полезными веществами, повышения силы и выносливости, увеличения объема мышц тела человека, нормализации обмена веществ, достижения оптимальной массы тела и повышения спортивных результатов. Собранная информация по исследованию системы питания человека демонстрирует недостаток потребления необходимых компонентов пищи.

Для оптимизации рациона современного человека недостаточно употребления только натуральных продуктов питания. Необходимы новые подходы для решения этих задач. Большинство ученых-нутрициологов пришло к выводу, что применение биологически активных добавок обязательно [12–14].

Спортивное питание подразделяется на различные категории товаров, такие как протеиновые смеси и батончики, креатин (для увеличения мышечной силы; содержится в мышцах), аминокислоты (быстро усваиваемые составные компоненты белка), витаминно-минеральные комплексы, гейнер (углеводно-белковые смеси для набора массы), жиросжигатели и изотоники (восполняют водно-солевой раствор) [15, 16].

На рынке спортивного питания предпочтения потребителей зависят от целей потребления. Спросом пользуются витамины, минералы, протеины и аминокислоты. Производители данной продукции постоянно совершенствуют состав, ассортимент, упаковку и т. д. Большое значение придается имиджу компании-производителя [17].

К факторам, способствующим повышению спроса на данном рынке, можно отнести ежегодное увеличение количества людей, ведущих активный образ жизни, занимающихся спортом и заботящихся о своем здоровье, тренажерных залов и фитнес-клубов.

В развитых странах мира быть спортивным и здоровым – модно. Именно по этой причине происходит стремительное развитие спортивной индустрии. Если раньше трендом считался поход в клубы, бары и рестораны, то сегодня это посещение спортивных клубов и правильное питание.

Необходимость населения в спортивном питании определяется долей его вовлеченности в занятие спортом. Лидером мирового рынка по поставкам продуктов спортивного питания являются США, на чью долю приходится около 70 %. Основные бренды продуктов для спортивного питания Европы сосредоточены в Германии. В последние десятилетия в России усиливается мода на здоровый образ жизни и спорт. В связи с этим активно развивается отечественный рынок спортивного питания [18]. Однако его практически полностью составляют импортные товары, которые имеют высокую цену.

Одним из факторов высоких цен на спортивное питание является введение экономических санкций против России. Также на повышение цен влияет запрет на ввоз молочной продукции, т. к. 80 % рынка производства спортивного питания зависит от этого вида сырья, а на российском рынке мало качественного продукта, чтобы заменить импортные товары. Еще одним фактором, влияющим на стоимость спортивных добавок для покупателя, является курс доллара, т. к. поставщик приобретает продукцию за доллары, а продает за рубли. Данная ситуация характерна только для России.

Производство спортивного питания в России на несколько десятилетий отстает от западного. На отсутствие известных и крупных иностранных производств влияет множество факторов: недоверие потребителей производителю, отсутствие крупных российских поставщиков сырья, большие затраты

на сертификацию и организацию производства и т. д. Поэтому те фирмы, которые производят спортивное питание, не могут завоевать авторитет среди российских потребителей. Кроме того, российское спортивное питание не обладает теми показателями качества, которые свойственны зарубежным производителям, поскольку технология его производства в России уступает зарубежной.

Однако спрос на спортивное питание не утихает, а только набирает обороты. На рынке города Кемерово открылось большое количество магазинов, продающих спортивное питание. Лидерами рынка по продаже спортивного питания являются компания «Протеинов», ООО «КультЛаб» и ООО «Siberian Wellness».

Компания «Протеинов» – сеть магазинов спортивного питания (<https://kemerovo.proteinov.ru>). Первый магазин появился в Кемерово в 1999 г., а 2005 г. открылся его филиал в городе Красноярск. Постоянно увеличивается спрос на спортивное питание в Иркутске, Хакасии, Тыве и других территориях Сибирского региона. Приобрести продукцию компании можно как в специализированных точках продаж, так и через интернет-магазин. При заказе онлайн жители городов Красноярска, Кемерова и Новокузнецка могут получить свою покупку с помощью доставки курьером. В другие города компания высылает заказы из Красноярска почтой России или экспресс-почтой, поэтому срок доставки занимает от 2 дней.

ООО «КультЛаб» – магазин спортивного питания, брендовой одежды и экипировки для людей, ведущих активный образ жизни (<https://kemerovo.kultlab.ru>). Компания проводит собственные спортивные проекты на базе проекта «Школа Культлаб». Изготавливают форму для персонала, а также промоматериалы для клубов, которые с ними сотрудничают: пластиковые карты, флаеры, скидочные и бонусные карты. Доставка продукции осуществляется курьерской службой до двери (доступность услуги зависит от адреса), почтой России, а также транспортной компанией. Товары интернет-магазина ООО «КультЛаб» доставляются по всей России. Стоимость доставки товаров варьируется в зависимости от веса, конкретного города и метода доставки.

ООО «Siberian Wellness» – компания, ранее известная как «Сибирское здоровье», производит в Сибири натуральные продукты для здоровья, спорта и красоты на основе дикорастущих сибирских трав с 1996 г. (<https://ru.siberianhealth.com/ru>). Реализует свою продукцию во всем мире: в Европе, США, Индии, Вьетнаме, Мексике и странах СНГ. Сегодня продукты ООО «Siberian Wellness» можно заказать в 65 странах мира на трех континентах. Обширная география говорит об успехе и популярности продукции даже у самых требовательных клиентов. В 2019 г. совершила ребрендинг и расширила ассортимент в сторону товаров спортивного питания.

С каждым годом на рынок города Кемерово приходят новые и более конкурентоспособные сети спортивного питания, которые забирают долю покупателей, не оставляя шанса для развития мелких региональных сетей. За последние три года на рынке г. Кемерово и Кемеровской области появились такие магазины спортивного питания, как «Алетера», интернет-магазины «Здоровое и полезное» и «Power-NK». За счет продвижения в социальных сетях на рынке появился крупный интернет-магазин «MYPROTEIN», представляющий продукцию иностранного производства, которая пользуется спросом у спортсменов и любителей спортивного питания. Кроме того, активно развивают и расширяют клиентскую базу интернет-магазины спортивного питания и маркетплейсы, такие как Ozon, iHerb, WildBerries. Это усложняет конкурентную ситуацию в данном сегменте рынка продовольствия.

Наличие конкуренции на рынке увеличивает возможности для покупателей, т. к. правильное сбалансированное питание влияет на состояние здоровья нации в целом, что является приоритетом государства. Поэтому государство должно обратить внимание на этот сегмент рынка, чтобы поддержать отечественных производителей данной продукции, помочь завоевать потребителей и дать понять, что спортивное питание российских производителей может быть качественным и полезным.

В связи с этим необходимо продвигать спортивное питание. Продвижение продукции спортивного питания представляет собой активность, которая рассчитана на формирование и стимулирование заинтересованности к предложениям компании, специализирующейся на производстве и реализации товаров спортивного питания.

Продвижение спортивного питания включает в себя рекламу, персональные презентации и стимулирование сбыта спортивной продукции с помощью купонов, призов, распродаж, специальных мероприятий, скидок, бонусов и подарочных сертификатов.

Для продвижения спортивного питания и вовлеченности населения занятиями спортом в Год науки и технологии АНО «Национальные приоритеты» Российским государственным социальным университетом были проведены социологические исследования. Ученые опросили более 11 тыс. представителей 85 регионов России. Результаты исследования показали, что в 2021 г. 68,5 % россиян систематически занимались спортом. По сравнению с 2020 г. этот показатель увеличился на 6,1 %. В качестве главной мотивации россияне указали желание укрепить здоровье и сделать здоровым образ жизни, а также стремление улучшить фигуру и поддержать работоспособность. По данным исследования, 68,5 %

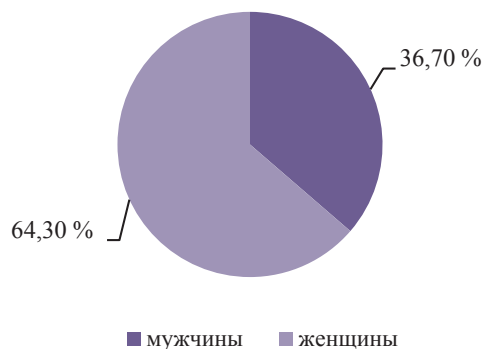


Рисунок 1. Сегментация рынка потребителей спортивного питания по гендерному признаку

Figure 1. Gender segmentation of the sports nutrition consumer market

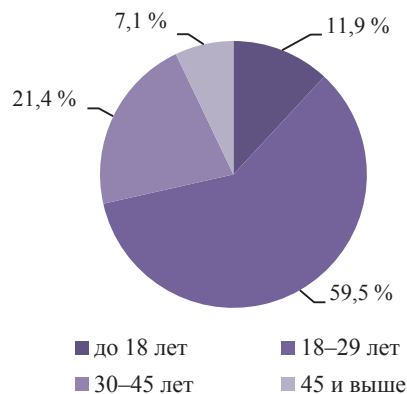


Рисунок 2. Сегментация рынка потребителей спортивного питания по возрасту

Figure 2. Age segmentation of the sports nutrition consumer market

россиян систематически занимаются спортом, что на 6 % больше, чем в 2020 г. [19].

Согласно опросу в Кузбассе более 46 % жителей регулярно занимаются физкультурой и спортом. Менее чем за 3 года количество спортсменов-любителей в области выросло на 3,6 % (с 42,5 % в 2017 г. до 46,1 % по итогам 2021 г.). Поэтому в Кузбассе стоит задача привлечения к физической активности не менее 70 % кузбассовцев к 2025 г.

В работе проведено маркетинговое исследование в форме анкетирования населения г. Кемерово, занимающегося разными видами спорта, с целью выявления предпочтений потребителей спортивного питания и используемых на этом рынке маркетинговых коммуникаций. Объем выборки составил 500 человек. Анкетирование проводилось через социальные сети Вконтакте и Instagram среди подписчиков спортивных клубов.

Результаты исследования предпочтений потребителей спортивного питания позволили сделать вывод о том, что 60 % потребителей спортивного питания – это респонденты в возрасте от 18 до 29 лет преимущественно мужского пола (рис. 1 и 2).

Согласно опросу платежеспособным сегментом являются люди в возрасте 30–45 лет, которые тратят на спортивное питание в месяц примерно 5000–6000 руб. (рис. 3).

Как показали исследования (рис. 4), решения о покупке зависит от грамотной консультации продавца, рекомендаций тренера или иного специалиста.

Основными местами приобретения спортивного питания (рис. 5) являются специализированные спортивные магазины (45 %), интернет-магазины (29 %), тренажерные залы (19 %) и другие точки продаж (7 %).

Исследование показало, что среди опрошенных есть те, кто не принимают спортивное питание (рис. 6). Основной причиной является мнение о том, что

спортивное питание предназначено только для профессионалов, т. е. для тех, кто активно ходит в тренажерный зал и занимается спортом. Однако большинство категорий спортивного питания подходит абсолютно для всех тех, кто заботится о своем здоровье.

Другой причиной является то, что люди не знают, как и что правильно принимать, поэтому не приобретают спортивное питание.

Миф о спортивном питании связан с «химией», т. е. фармакологическими препаратами. Однако спортивное питание не изменяет течения обменных процессов в организме и не имеет побочных эффектов. Это добавки к рациону, помогающие получить желаемый эффект от тренировок.

При наличии у потребителей возможности получить подробную индивидуальную консультацию о том, какие продукты следует принимать, большинство людей (66,7 %) ответило, что согласилось бы приобрести спортивное питание (рис. 7).

Исследование показало, что основными потребителями спортивного питания являются мужчины в возрасте 18–29 лет, которые при его выборе руководствуются грамотной консультацией продавца или рекомендацией тренера и приобретают продукцию в специализированных магазинах. Также есть те, кто не употребляют спортивное питание, т. к. считают, что оно предназначено для профессионалов и вредно для здоровья. Поэтому такие потребители нуждаются в цифровом маркетинге и применении нетрадиционных маркетинговых коммуникаций.

Результаты исследования дают возможность определить комплекс побудительных факторов, которыми руководствуются потребители при выборе и совершении покупки спортивного питания. Для молодежи будет актуально продвижение через социальные сети (Вконтакте, Instagram) с помощью таргетированной рекламы. Она дает возможность



Рисунок 3. Расходы потребителей на покупку спортивного питания

Figure 3. Consumer spending on sports nutrition



Рисунок 4. Источники информации о спортивном питании

Figure 4. Sources of information about sports nutrition



Рисунок 5. Основные места приобретения спортивного питания

Figure 5. Places to purchase sports nutrition



Рисунок 6. Причины, по которым не употребляется спортивное питание

Figure 6. Reasons for abstaining from sports nutrition

«отфильтровать» тех покупателей, которым интересно спортивное питание. Учитывая демографические данные, интересы или поисковую интернет-историю, можно сообщить потребителям о новом предложении сразу же, как они войдут в социальную сеть [20].

Используя Интернет-ресурсы, можно задействовать контекстную рекламу, которая будет показываться в результатах поиска в крупнейших поисковых системах (Яндексе, Google и др.) или по сайту в том случае, если запрос пользователя совпадает с ключевыми словами контекстного объявления. Данное

объявление будет показываться пользователю именно в тот момент, когда он сам проявит интерес к товару и будет готов к совершению покупки. Это позволит привлечь потребителей в возрасте 30–45 лет и выше, являющихся платежеспособными в данном сегменте.

Создание интернет-магазина с полным каталогом спортивного питания поможет увеличить аудиторию. Зачастую продукцию спортивного питания ищут через интернет. Такое решение положительно скажется на бизнесе спортивного питания [21, 22]. Также отметим возможности по созданию современных

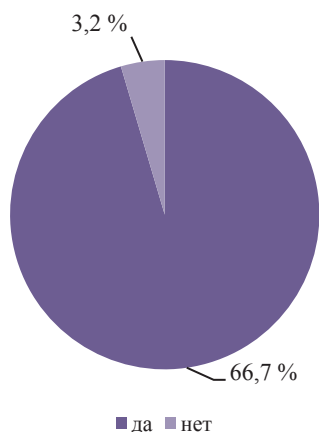


Рисунок 7. Влияние индивидуальной консультации на принятие решения

Figure 7. Impact of individual consultation on decision making

оцифрованных 3D витрин товара с возможностью полного дистанционного изучения потребителем всех данных, указанных на упаковке, состава, предупреждений и ограничений для установления оригинальности/легальности продукта.

Решение о покупке спортивного питания зависит от грамотной консультации продавца или тренера фитнес-клуба, т. к. неинформированность потребителей может привести к неправильному употреблению спортивного питания, т. е. к нарушению обмена веществ.

В связи с этим актуально использование такого инструмента продвижения, как прямой маркетинг в цифровом пространстве. Реклама в специализированном журнале для бодибилдеров не интересует потребителей спортивного питания. Особую популярность завоевали социальные сети, такие как Instagram, Вконтакте и Telegram, а также лидеры мнений, т. е. те, к кому прислушивается аудитория.

Блогеры и тренеры в Instagram популяризируют тему здорового образа жизни и правильного питания, в их блогах происходит обсуждение спортивного питания, в том числе новинок. Тема спорта дает источник идей для развития контента, приносит новых лидов, а доверие клиентов растет. Проведение онлайн марафонов по повышению качества жизни за счет совершенствования тела, занятий спортом и правильного питания становится актуальным, т. к. от консультаций профессионалов зависит доверие к потреблению спортивного питания [23].

Продвижение спортивного питания можно осуществлять через обучающий контент: публикации экспертных материалов о занятиях спортом и их пользе, нюансах выполнения тех или иных упражнений, правильном питании, новых научных открытиях, касающихся спорта и здоровья, а

также рецептов. Если контент будет полезным и качественным, то вызовет у подписчиков доверие. Статьи должны нести достоверную информацию и быть максимально полезными для читателя. Можно писать на разные темы, касающиеся здорового образа жизни: о питании, разных видах спорта и их пользе, упражнениях, особенностях их выполнения и влиянии на организм и т. д., давать полезные советы, касающиеся здоровья и тренировок (например, о важности сна и соблюдении режима дня, о том, сколько воды нужно пить и т. д.). Полезную информацию нужно преподносить в виде простых для восприятия фотографий и инфографики.

При продвижении фитнес-бренда в социальных сетях размещают как короткие (упражнения для определенных групп мышц, утренняя зарядка или растяжка после основной тренировки), так и длинные (полноценная тренировка) видеоролики с упражнениями. Такой вид продвижения включает в себя индивидуальный подход к каждому потребителю, грамотную консультацию специалистов и помощь в тренировках и в приобретении спортивного питания (66,7 %). Для повышения лояльности подписчиков к бренду видеоролики лучше снимать самостоятельно. Также полезно проводить видеолекции на темы, касающиеся сферы деятельности или спорта вообще. Поток видео предоставляет большие возможности для обучения – можно общаться с подписчиками на фитнес-темы (в режиме вопрос-ответ, лекций, обсуждений), а также проводить совместные тренировки онлайн [24].

Мотивационный контент важен для продвижения фитнес-брендов. Именно мотивации не хватает людям, чтобы начать вести здоровый образ жизни. Из-за отсутствия мотивации многие оставляют тренировки и прекращают употреблять спортивное питание. При работе с контентом необходимо донести мотивацию до подписчиков, повысить их веру в себя и построить эмоциональную связь с ними. Юмористический контент и музыкальные подборки являются полезными при продвижении контента: подписчики делятся с друзьями, что увеличивает их численность. Особенно это касается потребителей в возрасте от 18 до 45 лет.

Эффективным инструментом продвижения спортивного питания является велнес-коучинг. Он представляет собой слияние научных принципов изменения поведенческих стереотипов и пропаганды здорового образа жизни, программ профилактики заболеваний и реабилитации. Как и для персонального тренинга, для wellness-коучинга характерен индивидуальный подход: коуч оказывает всестороннюю поддержку и помогает клиенту придерживаться рекомендаций и двигаться к поставленным целям. Специалист разрабатывает программы с учетом ценностей, потребностей, ожиданий, стремлений и целей клиента.

На продвижение спортивного питания влияет сопроводительная печатная продукция (например, при продаже через интернет-магазин) в виде брошюр и листовок, в которых отображены принципы здорового питания, рекомендации врачей или тренеров, а также краткий курс тренировок, прилагаемый в виде QR-кода, который является современным методом продвижения продукции. Исследования показали, что данные цифровые маркетинговые коммуникации привлекают респондентов в возрасте от 45 лет и старше. Также можно разместить баннерную рекламу на сайтах спортивных сообществ, фитнес-центров и форумах для спортсменов.

Еще одним способом продвижения является участие в качестве спонсора определенного спортивного мероприятия. Это дает возможность для размещения рекламы в дружественной аудитории, а победителям данного мероприятия в качестве призов можно выдавать карты постоянного покупателя или сертификаты на частичную оплату покупки в магазине, а также сувенирную продукцию с символикой компании.

Возможно сотрудничество со спортивными организациями и фитнес-центрами по проведению совместных акций, на которых будет осуществляться продвижение продукции магазина посредством проведения онлайн-мероприятий (викторины, конкурсы, семинары, вебинары и т. д.). Поэтому можно договориться со спортивными организациями о размещении рекламы на их территории на наличие объявлений о деятельности партнеров в собственном магазине. Такой подход к продвижению бизнеса позволит быстро привлечь покупателей с минимальными затратами.

Реклама спортивного питания должна быть направлена на создание базы постоянных клиентов, поскольку специфика бизнеса является узконаправленной и не каждый потребитель готов покупать добавки. Поэтому тем, кто приобрел товар, следует предложить выгодные условия для дальнейшего сотрудничества.

На сегодняшний день в распоряжении маркетологов имеется большое разнообразие инструментов продвижения. Основными инструментами являются реклама, стимулирование сбыта, PR, а также прямой маркетинг. Эффективность использования традиционных инструментов уменьшается, а стоимость их применения растет. Высокие затраты на применение традиционных инструментов маркетинга снижают его привлекательность в глазах руководителя.

В современных конкурентных условиях можно наблюдать тенденцию к появлению на рынке креативных инструментов продвижения, таких как вирусный и мобильный маркетинг, арома-маркетинг и др. Разрабатывая и планируя стратегию продвижения, используются в комплексе сразу

несколько инструментов маркетинговых коммуникаций – основные и креативные.

Конкуренты быстро вычисляют и заимствуют качественный контент, набирающий много «лайков» и «репостов». В итоге вложения в подготовку качественного контента будут работать на конкурирующую группу. Выходом из этой ситуации может стать смысловая привязка создаваемого контента к продвигаемому товару, услуге и бренду. Однако такой подход сложно реализовать, т. к. он сужает тематический спектр возможных публикаций.

В каждом конкретном случае определенной компании, марки и ее ситуации на рынке кампания по продвижению спортивного питания приобретает специфику, основываясь на многочисленных факторах: – воздействие на целевые группы с помощью интернет-ресурсов (контекстная и таргетированная реклама, социальные сети);

– грамотная консультация продавца или тренера фитнес-клуба, которая будет осуществляться с помощью прямого маркетинга;

– использование стимулирующих мероприятий в точках продаж (P.O.S. – материалы, мерчандайзинг), спонсорство различных спортивных мероприятий, а также сотрудничество с фитнес-клубами по проведению совместных акций.

В результате грамотного продвижения компания может повысить собственную конкурентоспособность, увеличить рост продаж, развить и укрепить марку.

Выводы

Показана возрастающая роль использования цифровых маркетинговых коммуникаций при продвижении продукции спортивного питания. Цифровая среда дает современному потребителю возможность интерактивного взаимодействия с производителем и продавцом продукции в любое удобное время, предполагает персонализированную коммуникацию и позволяет потребителю стать равноправным участником коммуникационного процесса.

Данные маркетингового исследования позволили выявить предпочтения целевой аудитории в отношении спортивного питания и на их основе сформулировать рекомендации для производителей и продавцов в области маркетинговых коммуникаций. Основным потребителем спортивного питания является мужская аудитория. В связи с этим при производстве и продвижении данной продукции необходимо обращать внимание именно на предпочтения мужского пола. Потребители в возрасте от 18 до 29 лет – это активная часть населения, ведущая здоровый образ жизни и положительно относящаяся к новинкам. Для данной группы потребителей будет интересен юмористический и развлекательный характер интернет-контента.

Согласно данным опроса население в возрасте 30–45 лет является наиболее платежеспособным сегментом рынка, готовым тратить 5000–6000 тыс. руб. в месяц на спортивное питание. Для привлечения данной группы потребителей необходимо своевременно, в полном объеме и достоверно предоставлять информацию на сайтах специализированных спортивных магазинов.

Основными источниками информации о спортивном питании для потребителей являются продавцы-консультанты в специализированном магазине, тренер спортивного клуба или иной специалист. В связи с этим активное использование инструментов прямого маркетинга посредством онлайн-среды позволит компании постоянно находиться на связи с потребителями, своевременно осуществлять консультации и давать рекомендации.

Среди предпочитаемых мест покупки спортивного питания можно выделить специализированные спортивные магазины, интернет-магазины и тренажерные залы. Необходимо учитывать все возрастные категории потребителей: для молодежной аудитории более привлекательны такие каналы коммуникаций, как Instagram, Вконтакте и TikTok, а для старшего поколения предпочтителен качественно и информативно наполненный сайт компании.

Причинами, по которым респонденты не принимают спортивное питание, являются следующие: мнение о том, что оно предназначено для профессиональных спортсменов; отсутствие знаний о том, какое спортивное питание и как правильно принимать; отсутствие знаний о химическом составе и полезном эффекте приема спортивного питания. В ходе исследования было выявлено, что подробная индивидуальная консультация о спортивном питании может повлиять на принятие решения о покупке данной продукции. Поэтому предоставление

консультации с использованием цифровых каналов коммуникации тренером и коучем помогают сделать правильный выбор для потребителя, ведущего здоровый образ жизни.

Таким образом, при продвижении продукции спортивного питания важно учитывать такие особенности, как воздействие на целевые группы с помощью интернет-ресурсов (контекстная, таргетированная, вирусная и тизерная реклама, социальные сети), грамотная консультация продавца или тренера фитнес-клуба, которая будет осуществляться с помощью прямого онлайн-маркетинга, спонсорство различных спортивных мероприятий, а также сотрудничество с фитнес-клубами по проведению совместных онлайн-акций.

Комплексный подход в продвижении продукции спортивного питания поможет сформировать благоприятное отношение потребителей к компании, к ее товарам, «закрепиться» новой продукцией на рынке, а также повысить спрос и увеличить объемы продаж.

Критерии авторства

Авторы в равной степени вовлечены в написание рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Ryzhykh AI, Li T, Simen E. Integration of digital technologies of marketing communications in modern retail. *Management Theory and Practice*. 2021;(9):202–217. (In Russ.). <https://doi.org/10.46486/0234-4505-2021-9-202-217>
2. Komarcheva OS, Lysenko EA. Trade and service industry: Readiness analysis for digital transformation. *Bulletin of Kemerovo State University. Series: Political, Sociological and Economic Sciences*. 2020;5(3):375–386. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2500-3372-2020-5-3-375-386>
3. Brutyan MM. Digital revolution in marketing. *Practical Marketing*. 2019;264(2):3–15. (In Russ.).
Брутян М. М. Цифровая революция в маркетинге // Практический маркетинг. 2019. Т. 264. № 2. С. 3–15.
4. Tatarinov KA. Modern aspects of marketing communications in the digital society. *Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration*. 2019;8(1):307–312. (In Russ.).
Татаринов К. А. Современные аспекты маркетинговых коммуникаций в цифровом обществе // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. Т. 8. № 1. С. 307–312.
5. Ismail MH, Khater M, Zaki M. Digital business transformation and strategy: what do we know so far? *University of Cambridge*; 2017. 35 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36492.62086>
6. Fayyaz S. A review on measuring digital trade & e-commerce as new economic statistics products. *Statistika*. 2019;99(1):57–68.

7. Karpikova IS, Artamonova VV. Attracting audience to digital media using gamification elements. Theoretical and Practical Issues of Journalism. 2018;7(4):599–614. (In Russ.). [https://doi.org/10.17150/2308-6203.2018.7\(4\).599-614](https://doi.org/10.17150/2308-6203.2018.7(4).599-614)
8. Zhaparov ES, Lyashenko AA. Digitalization in sports: current situation and prospects. Young Scientist. 2020;338(48):462–463. (In Russ.).
- Жапаров Е. С., Ляшенко А. А. Цифровизация в спорте: состояние и перспективы // Молодой ученый. 2020. Т. 338. № 48. С. 462–463.
9. Lisitsyn AB, Chernukha IM, Nikitina MA. Russian methodology for designing multicomponent foods in retrospect. Foods and Raw Materials. 2020;8(1):2–11. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-2-11>
10. Wójcicki K. FTIR spectroscopy for quality evaluation of sports supplements on the Polish market. Foods and Raw Materials. 2020;8(1):177–185. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-177-185>
11. Habiba U, Robin MA, Hasan MM, Toma MA, Akhter D, Mazumder MAR. Nutritional, textural, and sensory quality of bars enriched with banana flour and pumpkin seed flour. Foods and Raw Materials. 2021;9(2):282–289. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2021-2-282-289>
12. Vesnina AD, Dmitrieva AI, Asyakina LK, Velichkovich NS, Prosekov AYU. Relevance of the use of plant extracts in the creation of functional products that have a geroprotective effect. International Journal of Pharmaceutical Research. 2020;12(3):1865–1879. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.03.261>
13. Kurakin MS, Ozherel'eva AV, Motyeva OG, Krapiva TV. A New approach to the development of food products. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(3):434–448. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-434-448>
14. Zaushintsena AV, Bryukhachev EN, Belashova OV, Asyakina LK, Kurbanova MG, Vesnina AD, et al. Extracts of *Rhodiola rosea* L. and *Scutellaria galericulata* L. in functional dairy products. Foods and Raw Materials. 2020;8(1):163–170. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-163-170>
15. Vesnina A, Prosekov A, Kozlova O, Atuchin V. Genes and eating preferences, their roles in personalized nutrition. Genes. 2020;11(4). <https://doi.org/10.3390/genes11040357>
16. Antonova IS, Vesnina AD, Shadrin VG. Dietary supplements market research. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(3):503–514. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-503-514>
17. Krasina IB, Brodovaya EV. Modern research of sport food. Modern problems of science and education. 2017;(5). (In Russ.).
- Красина И. Б., Бродовая Е. В. Современные исследования спортивного питания // Современные проблемы науки и образования. 2017. № 5.
18. Nikolaeva MA, Khudyakov MS, Khudyakova OD. State and development prospects of the sport food market in Russia and abroad. Russian Foreign Economic Journal. 2019;(6):65–78. (In Russ.).
- Николаева М. А., Худяков М. С., Худякова О. Д. Состояние и перспективы развития рынка продуктов спортивного питания в России и за рубежом // Российский внешнеэкономический вестник. 2019. № 6. С. 65–78.
19. Russians became more engaged in sports in 2021 [Internet]. [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/258666109>
20. Godin VV, Terekhova AE. Digital advertising as a tool to promote goods or services. Project implementation experience. E-Management. 2019;2(3):13–21. (In Russ.). <https://doi.org/10.26425/2658-3445-2019-3-13-21>
21. Shchetinina IV. Application of digital technologies of advancement to improve product competitiveness. Ekonominfo. 2018;15(4):49–53. (In Russ.).
- Щетинина И. В. Применение цифровых технологий продвижения для повышения конкурентоспособности продукции // Экономинфо. 2018. Т. 15. № 4. С. 49–53.
22. Krymov SM, Kol'gan MV. Methodological foundations of the digital transformation of a trade enterprise (Russia, St. Petersburg, Rostov-upon-Don). Problems of modern economics. 2019;69(1):67–70. (In Russ.).
- Крымов С. М., Кольган М. В. Методологические основы цифровой трансформации торгового предприятия // Проблемы современной экономики. 2019. Т. 69. № 1. С. 67–70.
23. Petrenko VA. Digitalizing your relationships with the consumer. Science, education and culture. 2017;24(9):18–21. (In Russ.).
- Петренко В. А. Цифровизация отношений с покупателем // Наука, образование и культура. 2017. Т. 24. № 9. С. 18–21.
24. Kulikova ES. SMM as a tool for customer interaction in digital marketing. Science and Business: Development Ways. 2020;109(7):110–112. (In Russ.).
- Куликова Е. С. SMM как инструмент взаимодействия с клиентами в цифровом маркетинге // Наука и бизнес: пути развития. 2020. Т. 109. № 7. С. 110–112.

Повышение эффективности снятия покровной ткани с плодов томата импульсным электрическим полем



Д. А. Худяков¹, М. Д. Соснин¹, Е. Х. А. Маунассар¹,
Ч. Течаканон², К. Симер³, С. Топфль³, И. А. Шорсткий^{1,*}

¹ Кубанский государственный технологический университет^{ROR}, Краснодар, Россия

² Prince of Songkla University^{ROR}, Surat Thani, Thailand

³ Elea Vertriebs- und Vermarktungsgesellschaft mbH, Quakenbrück, Germany

Поступила в редакцию: 17.01.2022

Поступила после рецензирования: 09.03.2022

Принята к публикации: 11.03.2022

*e-mail: i-shorstky@mail.ru

© Д. А. Худяков, М. Д. Соснин, Е. Х. А. Маунассар,
Ч. Течаканон, К. Симер, С. Топфль, И. А. Шорсткий,
2022



Аннотация.

Разработка и практическое использование электрофизических технологий в пищевых производственных процессах является глобальным трендом устойчивого развития агропромышленного сектора. Одним из энергоемких процессов переработки плодоовощной продукции является удаление покровной ткани (кожицы). Цель работы – изучить влияние импульсного электрического поля на эффективность снятия покровной ткани плодов томата с оценкой величины удельного усилия снятия оболочки, энергетических затрат и потерь продукции в сопоставлении с термическими и электрофизическими методами подготовки.

В качестве объектов исследования использовали плоды томата сорта Аврора. Применяли обработку импульсным электрическим полем при напряженности электрического поля 1 кВ/см и затрачиваемой удельной энергией на уровне 1, 5 и 10 кДж/кг. Визуальную оценку плодов томата до и после обработки проводили с использованием средств оптической микроскопии. Оценка эффективности удаления покровной ткани с плодов томата после воздействия импульсного электрического поля осуществляли на базе анализатора текстур, а потери массы с помощью цифровых весов.

В результате обработки импульсным электрическим полем было установлено снижение требуемой величины удельного усилия механического удаления оболочки на 10 % ($P < 0,05$). Величина потерь массы плода для обработки импульсным электрическим полем при удельной затрачиваемой энергии 1 кДж/кг снизилась на 4 % ($P < 0,05$) по сравнению с контрольным образцом. За счет обработки импульсным электрическим полем удалось осуществить электропорацию клеток, в результате которой был активирован внутренний массоперенос влаги из области эндокарпия в область между мезокарпием и покровной тканью. Образовавшаяся прослойка жидкости за счет гидростатического давления способствовала облегченному удалению покровной ткани с плодов томата.

В сопоставлении с технологиями термической (бланширование), омической и ультразвуковой обработок технология импульсного электрического поля позволяет достигать наименьших потерь продукции при наименьших энергетических затратах. Полученные данные позволяют обосновать перспективы использования обработки импульсным электрическим полем для удаления покровной ткани с плодов томата в процессе переработки.

Ключевые слова. Удаление оболочки, импульсное электрическое поле, томат, текстура, электропорация

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (РНФ)^{ROR}, № 21-79-00112, а также с использованием оборудования ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» Кубанского государственного технологического университета (КубГТУ)^{ROR} (ЦКП 3111), поддерживаемого Министерством науки и высшего образования РФ (Минобрнауки России)^{ROR} (соглашение № 075-15-2021-679).

Для цитирования: Повышение эффективности снятия покровной ткани с плодов томата импульсным электрическим полем / Д. А. Худяков [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 189–198. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-189-198>

Pulsed Electric Field Processing as an Effective Tomato Peeling Method

Dmitry A. Khudyakov¹, Maxim D. Sosnin¹,
Emad M. A. Munassar¹, Chukwan Techakanon²,
Claudia Siemer³, Stefan Toepfl³, Ivan A. Shorstkii^{1,*}

¹ Kuban State Technological University^{}, Krasnodar, Russia

² Prince of Songkla University^{}, Surat Thani, Thailand

³ Elea Vertriebs- und Vermarktungsgesellschaft mbH, Quakenbrück, Germany

Received: 17.01.2022

Revised: 09.03.2022

Accepted: 11.03.2022

*e-mail: i-shorstky@mail.ru

© D.A. Khudyakov, M.D. Sosnin, E.M.A. Munassar,
C. Techakanon, C. Siemer, S. Toepfl, I.A. Shorstkii, 2022



Abstract.

Electrophysical technologies are a global trend of sustainable agriculture and food industry. Peeling is an energy-intensive procedure of fruit and vegetable processing. The research featured the effect of pulsed electric field (PEF) treatment on tomato peeling effectiveness. The assessment included such factors as specific effort, energy costs, and product losses in comparison with thermal and electrophysical methods.

Tomatoes of Aurora variety underwent a PEF treatment at 1 kV/cm. The expended specific energy was 1, 5, and 10 kJ/kg. The tomatoes were visually evaluated with optical microscopy before and after processing. The peeling effectiveness and mass loss were measured with a texture analyzer and digital scales.

The PEF treatment decreased the specific force of mechanical peel removal by 10% ($P < 0.05$). The mass loss decreased by 4% ($P < 0.05$) at 1 kJ/kg. The PEF method resulted in cell electroporation, which activated the internal mass transfer of moisture from the endocarp region between the mesocarp and the integumentary tissue. The hydrostatic pressure produced a layer of liquid, which facilitated the peeling.

In comparison with thermal treatment (blanching), ohmic heating, and ultrasonic processing, the PEF technology had the lowest production losses and energy costs. The research proves the prospects of the PEF treatment in commercial tomato processing.

Keywords. Peeling, pulsed electric field, tomato, texture, electroporation

Funding. The research was supported by the Russian Science Foundation (RSF)^{}, project No. 21-79-00112. The research facilities were provided by the Research Center for Food and Chemical Technologies of the Kuban State Technological University (KubSTU)^{} financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka)^{}, agreement No. 075-15-2021-679.

For citation: Khudyakov DA, Sosnin MD, Munassar EMA, Techakanon C, Siemer C, Toepfl S, *et al.* Pulsed Electric Field Processing as an Effective Tomato Peeling Method. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):189–198. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-189-198>

Введение

Применение передовых электрофизических технологий в пищевой промышленности является глобальным трендом устойчивого развития агропромышленного сектора экономики [1]. Возможность снижения затрат на реализацию пищевых процессов с получением безопасных продуктов позволяет активно развивать такие технологии. При этом эффективность применения электрофизических технологий необходимо рассматривать для каждой конкретной задачи.

Удаление покровной ткани (кожицы) с растительных материалов является важной стадией технологической подготовки сырья к процессам дальнейшей переработки. Это особенно актуально для технологий получения томатной пасты, джемов и плодо-овощных пюре [2, 3]. От эффективности и степени очистки покровной ткани плодов томата зависит степень извлечения полезных веществ из сырья и вторичных продуктов, а также энергетические затраты дальнейших стадий переработки [4, 5]. Клеточная мембрана является барьером

для осуществления переноса внутриклеточных компонентов (влага, сок и др. растворенные вещества) из растительной структуры при промышленной переработке. По данным исследования Х. Wu и др. затраты энергии на процесс удаления кожицы с плодов томата могут достигать 15 % от общих энергетических затрат переработки [4]. Прогрессирующее изменение климата, а также усиленный контроль со стороны контролирующих органов по вопросам уровня выброса углерода способствуют активному поиску альтернативных методов обработки для минимизации энергетических затрат. В связи с этим использование современных эффективных методов подготовки плодов томатов к удалению оболочки и их анализ представляет как теоретический, так и практический интерес.

Дополнительной задачей удаления покровной оболочки является использование последней в качестве альтернативных источников пектинового сырья [6, 7]. В работе А. N. Grassino и др. отмечено, что свежие томатные выжимки содержат около 32 % белка, 30 % углеводов, что является ценным вторичным продуктом [7]. Другими авторами отмечено, что содержание пектиновых веществ в покровной ткани томата может достигать 25 % [8].

Эффективному процессу снятия покровной оболочки с томатов препятствует прочная связь мезокарпия с покровной оболочкой [5]. Для ослабления данной связи в промышленности применяют различные способы подготовки плодов томата: физический (термический), пароводотермический, механический, химический, комбинированный и обжиг воздухом [9–13]. Перечисленные методы обладают как преимуществами, так и недостатками. Например, при обработке термическим способом возникает явление локального перегрева структуры плодов томата, что ухудшает качественные характеристики. Механический способ подготовки плодов томата в виде надреза покровной ткани улучшает эффективность снятия оболочки, но применяется лишь в комбинации с термическим или пароводотермическим методами.

Впервые импульсные электрические поля (англ. pulsed electric field) в качестве нетепловой технологии были использованы в 60-х годах прошлого века [14, 15]. Механизм технологии импульсного электрического поля основан на использовании коротких электрических импульсов высокого напряжения, которые вызывают эффект электропорации клеточных мембран без изменения ферментного или компонентного состава [16]. В зависимости от применяемой интенсивности технология импульсного электрического поля способствует усилению массопереноса внутриклеточных соединений, приводит к распаду биологического материала или осуществляет инактивацию микробной флоры [17, 18]. С точки

зрения процесса термодинамики возникающий интенсивный массоперенос в растительных материалах, подверженных электропорации, вызван формированием большого количества микропор, расположенных спонтанно и случайным образом на поверхности материала вдоль силовых линий напряженности электрического поля [1]. Предварительная обработка импульсным электрическим полем может влиять на динамику массообмена в растительных материалах за счет изменения объемной пористости, присутствия высвободившейся жидкой фазы на поверхности материала в начальный момент времени, увеличения суммарной диффузии и изменения некоторых термодинамических параметров самого объекта обработки (теплоемкости, теплопроводности и др.).

По сравнению с другими методами электропорации применение импульсного электрического поля как предварительной обработки снижает потери энергии [1]. Импульсный подвод энергии делает процесс дальнейшей переработки экономным и эффективным. В доразрядном электрическом поле во влажное тело вводится незначительное количество энергии. Поэтому его интенсифицирующее воздействие слабое. Следовательно, необходимо вводить высокоамплитудные сверхкороткие по длительности потоки энергии в подвергающиеся обработке пищевые продукты и сырье с помощью импульсных электрических полей. Для их создания требуется простое аппаратное оформление: источник высокого напряжения, скоростной переключатель и электроды, между которыми размещается объект обработки. В итоге на объект обработки воздействует кратковременный высоковольтный импульс.

Технология импульсного электрического поля – это технология, которая используется в различных областях пищевой промышленности для улучшения технологических процессов. Например, в производстве соков, сушке и экстрагировании растительных материалов [19–21]. При этом процесс обработки импульсным электрическим полем осуществляется в непрерывном режиме транспортировки на скребковом конвейере или в режиме перекачки жидких продуктов [21].

Целью данной работы является изучение влияния импульсного электрического поля на эффективность снятия покровной ткани плодов томата с оценкой величины удельного усилия снятия оболочки, удельных энергетических затрат и потерь продукции в сопоставлении с существующими термическими и электрофизическими методами подготовки.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали томат сорта Аврора. Все материалы приобретали на местном рынке города Квакуенбрюк (Германия). Отбирали по 5 образцов томата без внешних

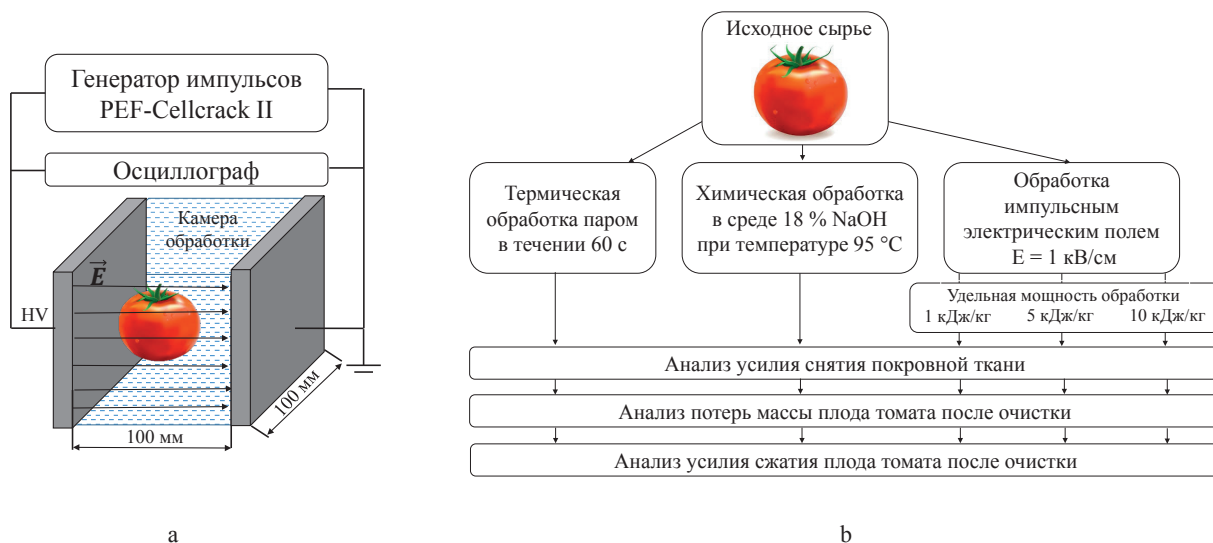


Рисунок 1. Схема системы обработки импульсным электрическим полем (а) и план эксперимента по анализу эффективности обработки импульсным электрическим полем в сравнении с термическим и химическим методом обработки для снятия покровной оболочки (b)

Figure 1. Pulsed electric field treatment system (a) and experimental plan for analyzing its effectiveness in comparison with thermal and chemical treatment methods (b)

повреждений и хранили при температуре 4 °С. Все плоды с точки зрения цвета и плотности были спелыми. Средний размер плодов томата был 64,3 мм, вес – 129 г.

Обработка импульсным электрическим полем. Обработку импульсным электрическим полем проводили на установке PEF-Cellcrack II (Elea Vertriebs-und Vermarktungsgesellschaft mbH, Германия). Схематично система обработки импульсным электрическим полем представлена на рисунке 1а. Система обеспечивает подачу высоковольтных монополярных импульсов и экспоненциальной формы с интервалом движения 0,5 с (2 Гц). Длительность каждого импульса составляет 40 мс. Импульсы подавались в электродный узел, состоящий из двух плоскопараллельных электродов из нержавеющей стали. Расстояние между электродами составляло 100 мм, а общий объем камеры – 1 л. В каждом эксперименте в камеру помещали один вид материала и добавляли водопроводную воду с параметрами (проводимость $\sigma = 222$ мкСм/см, температура $t = 22 \pm 1$ °С) в качестве проводящей среды. Удельный расход энергии, выраженный в кДж/кг, подаваемой в камеру обработки, регулировался изменением числа импульсов с учетом общей массы камеры. Величина напряженности электрического поля равнялась 1 кВ/см. Удельная энергия варьировалась в диапазоне от 0,5 до 2 кДж/кг, что соответствует количеству импульсов от 5 до 20 ед. В соответствии с частотой следования импульсов длительность нахождения томата в камере обработки составляла от 3 до 10 с.

Удельный расход энергии W (кДж/кг) и напряженность электрического поля E (кВ/см) рассчитывались по следующим формулам [1]:

$$W = \frac{U^2 C n}{2m} \quad (1)$$

$$E = \frac{U}{d} \quad (2)$$

где n – число импульсов (–); m – масса обрабатываемых образцов, кг; U – напряжение, кВ; d – расстояние между электродами, см; C – емкость конденсаторов, 1 мкФ. Общая схема плана исследований представлена на рисунке 1.

Оценка усилия снятия оболочки. Оценку усилия механического снятия кожицы с плодов томата осуществляли с помощью анализатора текстур TA.HDplus (Stable Micro Systems, Великобритания) с закрепленной насадкой для работы с плодовой продукцией (P/6, Stable Micro Systems, Великобритания). Для этого на поверхности томата предварительно надрезали контур размером 10×30 мм вдоль направления волокон. Закрепляли одну часть выделенного контура на специальной насадке, закрепленной на анализаторе текстур (рис. 2а). На анализаторе текстур выбирали программу расчета усилия растяжения и проводили процесс механического удаления кожицы с построением графической зависимости усилия снятия оболочки от

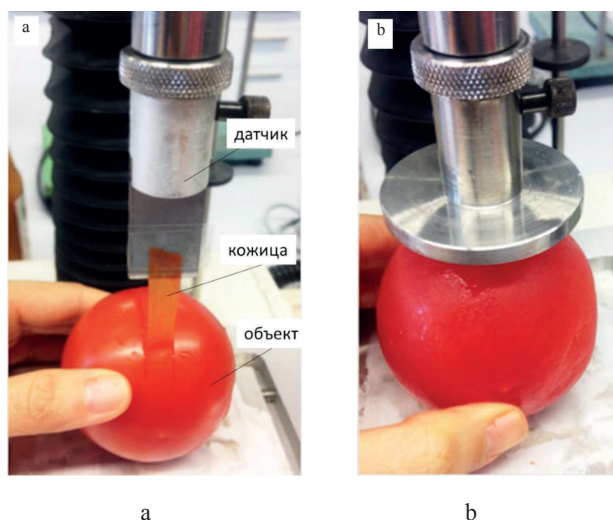


Рисунок 2. Визуализация оценки усилия удаления кожицы с поверхности томата (а) и усилия на сжатие плода томата (б)

Figure 2. Assessing the peeling (a) and compressing effort (b)

перемещения. Аналогичные методы оценки степени отделения покровной кожицы используются в других исследованиях [22]. Для плодов перца и персиков использовали подход, в котором целый плод делили на две части, одну из которых обрабатывали с помощью технологии импульсного электрического поля.

Удаленную с поверхности томата кожицу взвешивали на аналитических весах HR-250 AZG (A&D, Корея) с точностью до 4 знака после запятой. Размер снятой кожицы определяли путем цифровой съемки на белом фоне и последующего анализа с помощью программы для обработки изображений ImageJ (v 1.52e). Установленный квадрат изображения был обработан для определения масштаба (1 см $\approx$ 123 пикселя).

После очистки плодов томата проводили оценку усилия на сжатие очищенных плодов. Для этого использовали анализатор текстур TA.HDplus с плоской насадкой (рис. 2б).

Микроскопический анализ. Визуальную оценку эффективности воздействия обработки импульсным электрическим полем на снятие оболочки с плодов томата проводили с использованием средств оптической микроскопии. Для этого после обработки импульсным электрическим полем образец размещали на предметном стекле и с помощью микроскопа Nikon Digital Eclipse C1 производили анализ структуры материала в зоне оболочка – мякоть.

Статистический анализ. Все эксперименты проводились в трехкратной повторности. Значения измерений представлены как средняя величина $\pm$ стандартное отклонение. Статистическую значимость определяли с помощью t-критерия при $P < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Результаты визуальной оценки плодов томата после химической, термической и обработки импульсным электрическим полем (ИЭП) представлены на рисунке 3. Для очищенных плодов томата, обработанных импульсным электрическим полем, по сравнению с термическим и химическим методами, характерна более гладкая поверхность. Это говорит об однородности отделения покровной ткани (рис. 3а). Без дополнительной подготовки необработанный плод томата было невозможно очистить от покровной ткани. При анализе среза плодов томата для термической обработки и для обработки импульсным электрическим полем, особенно при высоких удельных энергетических затратах ($W = 5$ и 10 кДж/кг), характерно изменение цветового окраса мезокарпия (белой прожилки) между покровной оболочкой и эндокарпием. Это говорит об изменении внутренних процессов массообмена.

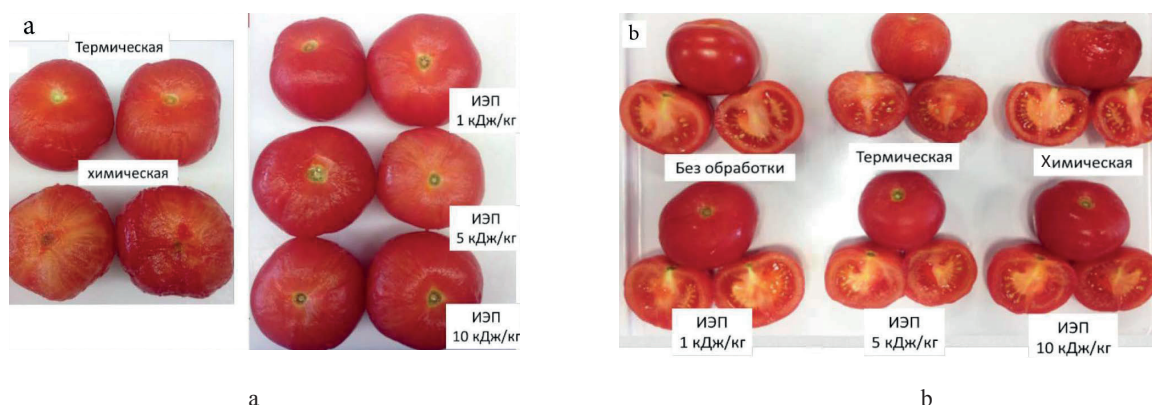


Рисунок 3. Внешний вид образцов томата после различных методов обработки: поверхность (а) и разрез (б)

Figure 3. Appearance of tomato samples after various processing methods: surface (a) and section (b)

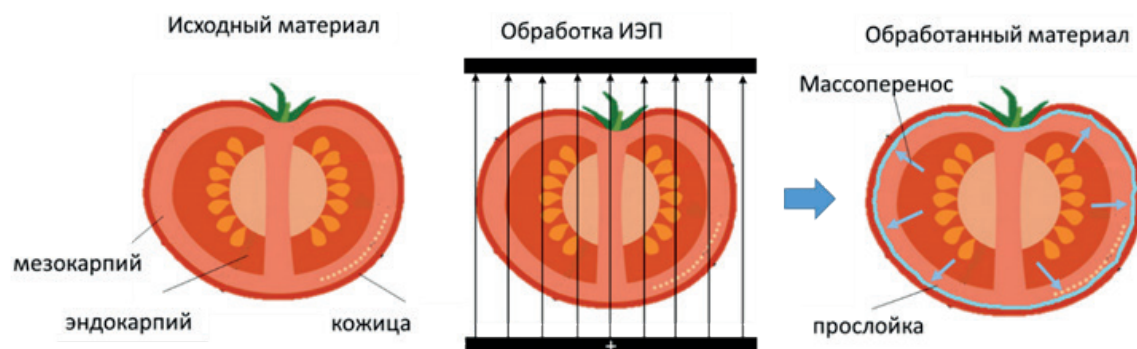


Рисунок 4. Механизм воздействия обработки импульсным электрическим полем на внутреннюю структуру плодов томата

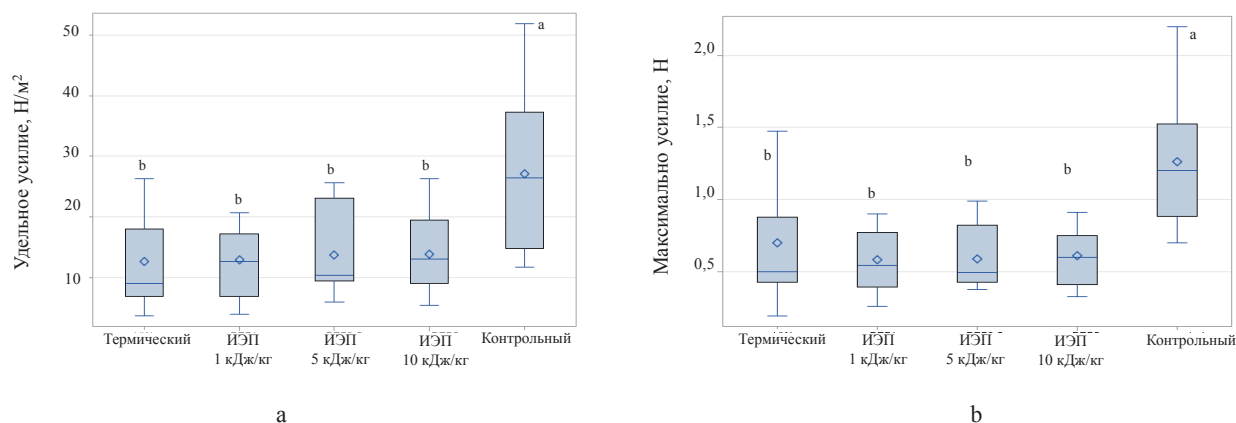
Figure 4. Pulsed electric field impact on the internal structure of tomatoes

Из литературных данных известно, что при достижении величины напряженности электрического поля 1 кВ/см для большинства растительных материалов наблюдается процесс электропорации, который сопровождается образованием пор на поверхности мембран растительных клеток. При повышении величины напряженности электрического поля или величины затрачиваемой энергии диаметр образующихся пор увеличивается в размере [19]. Сформированные поры влияют на внутренний массоперенос. Результаты визуальной оценки плодов томата подтверждают наличие эффекта от обработки импульсным электрическим полем на процесс удаления покровной ткани.

Авторы объясняют данный феномен отделения оболочки следующим образом. При достаточном уровне энергии обработки импульсным электрическим полем через дополнительно образовавшиеся поры во внутренней структуре плода томата влага начинает

мигрировать из области эндокарпия в зону между мезокарпием и покровной тканью (рис. 4). Процесс внутреннего массопереноса осуществляется за счет возникающего тургорного внутриклеточного давления. Образовавшаяся прослойка жидкости за счет своей гидродинамической силы способствует эффективному удалению покровной ткани. Схожий эффект был замечен в работе по применению импульсного электрического поля при сушке плодов манго [20].

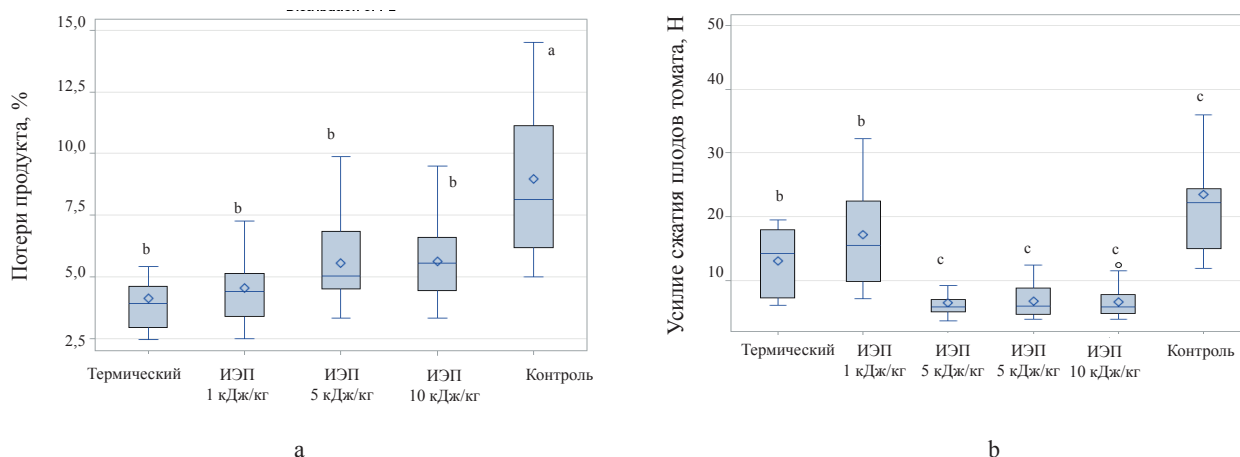
Эффективность воздействия различных методов подготовки на величину удельного усилия механического снятия кожицы с плодов томата показана на рисунке 5. Из данных зависимостей видно снижение величины удельного усилия, требуемого для удаления кожицы с плодов томата после обработки импульсным электрическим полем на различных энергетических уровнях, более чем в два раза. Усилие, требуемое для обработки импульсным электрическим полем, сопоставимо с термической обработкой в кипящей



*Данные показаны как среднее значение с отклонениями, индексы а и b показывают статистическое взаимодействие

Рисунок 5. Зависимость удельного усилия снятия кожицы с поверхности плода томата от вида обработки (а) и зависимости максимального усилия снятия кожицы от вида обработки (b)

Figure 5. Effect of treatment type on specific peeling force (a) and maximal peeling force (b)



*Данные показаны как среднее значение с отклонениями, индексы a, b и c показывают статистическое взаимодействие между данными

Рисунок 6. Зависимость величины потери массы продукта после различных видов обработки (a) и зависимость усилия сжатия плодов томата (b)

Figure 6. Effect of various types of processing on weight loss (a) and compression effort (b)

воде в течение 60 с. Аналогичные данные получены при анализе максимального усилия, возникающего при снятии кожицы с обработанных и контрольного образцов томата. Увеличение удельной энергии обработки импульсным электрическим полем с 1 до 10 кДж/кг не оказывает влияния на величину удельного и максимального усилия снятия кожицы (рис. 5). В отличие от процесса снятия кожицы с плодов персика или перца, у которых толщина покровного слоя значительно меньше, чем у томата, невозможно механически удалить всю покровную часть [10]. Адгезия кожицы уменьшалась, что приводило к меньшему количеству прикрепленной мякоти материала на кусочках кожицы и общему улучшению способности к отслаиванию. Другим объяснением может являться различие в величинах тургорного давления в клетках различных растительных материалов, которое влияет на величину массопереноса влаги внутри плода.

Влияние различных методов обработки на изменение массы очищенного плода (разность массы с кожицей и без) представлено на рисунке 6. Результаты показывают, что максимальная потеря массы плода на уровне 10 % ($P < 0,05$) после механической очистки наблюдается для контрольного образца. Минимальные потери массы плода зафиксированы для термической обработки, а также для обработки импульсным электрическим полем с удельной энергией 1 кДж/кг. По данным результатам можно сделать вывод о том, что предварительная обработка импульсным электрическим полем позволяет снизить потери продукции на 4 % ($P < 0,05$) по сравнению с контрольным образцом. При интенсивности обработки 1 кДж/кг величина потерь составляла меньше, чем при 5 и 10 кДж/кг.

В соответствии с традиционной технологией промышленной переработки плоды томаты после мойки и инспекции дробят при помощи дробилок. Полученную дробленую массу томатов пропускают через машину «семяотделитель», где томатные свежие семена отделяются от массы мякоти, сока и кожицы томатов. Важную роль играют текстурные характеристики плодов томата. Анализ данных по усилию сжатия плодов томата после различных методов обработки показывает, что структура обработанных импульсным электрическим полем томатов стала более мягкой по сравнению с остальными видами обработки. Данный эффект связан с возникновением однородного распределения влаги из-за электропорации мембран растительных клеток. Аналогичный эффект смягчения ткани растительных материалов был замечен рядом авторов для картофеля, манго и киви [20–22]. В работе А. М. Гаджиевой и др. отмечено положительное влияние термической обработки плодов томата на качественные характеристики получаемого томатного сока [23]. В представленной работе установлено, что активность оксидазных ферментов в дробленых томатах, нагретых до 60 °С, достаточно высокая, но резко уменьшается при нагреве до 80 °С. Сохраняемость витамина С ниже при подогреве массы до 80 °С, чем до 60 °С. Технологические операции воздействия на пищевой продукт должны минимизировать тепловой воздействие, которое приводит к ухудшению качественных характеристик. Следовательно, существует возможность комбинирования указанной технологии импульсного электрического поля и теплового метода воздействия. Данный аспект требует детального исследования и будет осуществлен в последующих работах.

Полученные экспериментальные результаты коррелируют с исследованиями из литературных источников. По сравнению с воздействием инфракрасного нагрева от керамического излучателя в течение 10 с до установления температуры поверхности кожицы $115 \pm 2^\circ\text{C}$ S. K. Vidyarthi и др. удалось снизить потери продукта до 6,43 % [24]. Авторы [25] достигли высокой степени отслаивания, используя омический нагрев при напряженности электрического поля $E = 1,2$ кВ/см в комбинации с раствором NaOH при концентрации 0,3 % с общими энергетическими затратами 2,2–4,5 кДж/кг. В указанной работе потери продукции не были проанализированы. В исследовании P. Wongsangasri и S. K. Sastry омическое нагревание сочеталось с оптимальным соотношением раствора щелочной соли (0,5 % KOH/0,01 NaCl) при напряженности электрического поля 2 кВ/см [26]. Был достигнут наивысший балл отделения оболочки с величиной потери массы плода на уровне 7,46 %. Y. Koch и др. достигли высокой эффективности отделения оболочки с использованием инфракрасного излучения на экспериментальной установке с нагревательной поверхностью размером 30×60 см, зазором между излучателями 90 мм и вращением плодов томата на 90° каждые 15 с [10]. Авторам удалось достигнуть потерь продукта при отделении оболочки на уровне 8,83 и 8,62 %. Использование ультразвуковых колебаний зондовой системы Sonics & Materials Inc. (1500 Вт, 20 кГц, плотность акустической энергии $\approx 0,375$ Вт/г) в течение 45 с при температуре воды $97 \pm 3^\circ\text{C}$ позволило снизить потери продукции при отслаивании до 4,2 % [27]. Данный результат сопоставим с величиной потерь, полученной в данном исследовании, – 4,0 %. Однако ультразвуковая обработка проводилась для единичного плода и имеет характерный недостаток – малую область обработки. Сфокусированная ультразвуковая обработка при масштабировании требует наличия большого количества ультразвуковых излучателей и длительного времени воздействия. По данным работы C. Rock и др. энергетические затраты на ультразвуковую обработку для единичного плода томата составляют 8,3 Дж/кг, а на термическую обработку – 1,9 кДж/кг [27]. По данным A. S. Sengar и др. энергетические затраты на отделение кожицы с одного плода томата массой 100 г путем бланширования в течение 1 мин при температуре 70°C составляют 1,55 кДж/кг [8].

Исходя из сравнительной оценки с существующими электрофизическими методами, можно предположить, что технология обработки импульсным электрическим полем эффективна при подготовке к операциям снятия покровной кожицы с плодов томата с целью снижения общих энергетических затрат и потерь продукции. Сравнение проводилось с процессами бланширования, ультразвуковой и омической технологиями. Для более детального сравнения

в последующих работах будет расширен спектр рассматриваемых технологий с анализом обработки паром. Полученные данные могут быть использованы в качестве основы для модернизации существующих технологических линии переработки плодов томата или вновь проектируемых.

Выводы

В работе проведена оценка эффективности влияния обработки импульсным электрическим полем на процесс снятия оболочки с плодов томата. Полученные экспериментальные данные демонстрируют наличие эффекта возникновения внутреннего массопереноса с образованием водяной прослойки между мезокарпием и покровной кожицей. Благодаря изменению внутреннего массопереноса процесс снятия кожицы с плодов томата проходит при усилиях в два раза меньших по сравнению с контрольным и термически обработанным образцом. Обработка импульсным электрическим полем позволила снизить величину потери массы плода до 4 % ($P < 0,05$) после процесса снятия кожицы. Это говорит о дополнительной экономической эффективности процесса. В сопоставлении с методами термической (бланшировка), ультразвуковой и омической обработки энергетические затраты предлагаемой технологии импульсного электрического поля составляют 1 кДж/кг, что на 50–80 % меньше, чем у указанных методов.

При сопоставлении технологии импульсного электрического поля с методами ультразвукового, инфракрасного и омического нагрева, характеризующихся высокими температурами воздействия и термической деградацией гемиллюлозной сетки, которая облегчает отделение перикарпия от эндокарпия, интересным представляется комбинация указанных методов. Перспективным направлением является комбинация технологии импульсного электрического поля с обработкой паром. Хотя плоды томатов демонстрируют улучшение способности к отделению оболочки при обработке импульсным электрическим полем, вызванная нагревом деградация упомянутой сети не является основным фактором, поскольку импульсное электрическое поле не требует нагрева. Механизм воздействия импульсного электрического поля, отвечающий за улучшение отделения оболочки с плодов томата, объясняется предположением о том, что накопление воды между кожицей и мягкой мякотью томатов, которое инициировано эффектом электропроводности импульсного электрического поля за счет своей гидродинамической силы, способствует эффективному удалению покровной ткани. Кроме того, следует учитывать индивидуальность и качество, а также различные

состояния зрелости плода. Это усложняет исследование, даже когда плоды демонстрируют схожие оптические и текстурные характеристики.

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы для обоснования использования предлагаемого метода обработки импульсным электрическим полем в технологической линии переработки плодов томата.

Критерии авторства

Д. А. Худяков – экспериментальная часть и написание статьи. М. Д. Соснин – анализ результатов и построение рисунков. Е. Х. А. Мунассар – статистическая обработка результатов. Ч. Течаканон – экспериментальная часть. К. Симер – анализ результатов и построение рисунков. С. Топфль – анализ результатов и руководство работой. И. А. Шорсткий – руководство работой и написание статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что материалы статьи не были опубликованы ранее и не отправлены в другие журналы. В работе не проводились испытания над животными.

Contribution

D.A. Khudyakov performed the experimental part and wrote the article. M.D. Sosnin analyzed the results and prepared the visual material. E.H.A. Munassar performed the statistical processing. C. Techakanon performed the experimental part. C. Siemer analyzed the results and prepared the visual material. S. Toepfl analyzed the results and supervised the research. I.A. Shorstkii supervised the project and wrote the article.

Conflict of interest

The authors declare that the materials have not been published previously and are not under consideration for publication in any other journal. The research involved no animal tests.

References/Список литературы

1. Shorstkii IA. Application of pulsed electric field treatment in drying of biomaterials. Krasnodar: Izdatel'skiy Dom-Yug; 2020. 172 p. (In Russ.).
- Шорсткий И. А. Применение обработки импульсным электрическим полем биоматериалов при подготовке к сушке // Краснодар: Издательский Дом-Юг, 2020. 172 с.
2. Kravtsova EV, Pelenko VV. Increase the efficiency of cutting on the part of fruit and vegetable raw materials close to the spherical form. *Processes and Food Production Equipment*. 2018;(1):35–42. (In Russ.). <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2016-11-1-35-42>
3. Nawaz A, Ali SW, Irshad S, Irshad F, Ahmed A, Sharmeen Z, *et al.* Effect of peeling and unpeeling on yield, chemical structure, morphology and pasting properties of starch extracted from three diverse potato cultivars of Pakistan. *International Journal of Food Science and Technology*. 2020;55(6):2344–2351. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14412>
4. Wu X, Yu L, Pehrsson PR. Are processed tomato products as nutritious as fresh tomatoes? Scoping review on the effects of industrial processing on nutrients and bioactive compounds in tomatoes. *Advances in Nutrition*. 2022;13(1):138–151. <https://doi.org/10.1093/advances/nmab109>
5. Lu Z, Wang J, Gao R, Ye F, Zhao G. Sustainable valorisation of tomato pomace: A comprehensive review. *Trends in Food Science and Technology*. 2019;86:172–187. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.020>
6. Gharibzadeh SMT, Smith B, Guo Y. Pectin extraction from common fig skin by different methods: The physicochemical, rheological, functional, and structural evaluations. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019;136:275–283. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.040>
7. Grassino AN, Brnčić M, Vikić-Topić D, Roca S, Dent M, Brnčić SR. Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. *Food Chemistry*. 2016;198:93–100. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.095>
8. Sengar AS, Rawson A, Muthiah M, Kalakandan SK. Comparison of different ultrasound assisted extraction techniques for pectin from tomato processing waste. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020;61. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104812>
9. Vidyarthi SK, El Mashad HM, Khir R, Zhang R, Tiwari R, Pan Z. Quasi-static mechanical properties of tomato peels produced from catalytic infrared and lye peeling. *Journal of Food Engineering*. 2019;254:10–16. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.001>
10. Koch Y, Witt J, Lammerskitten A, Siemer C, Toepfl S. The influence of Pulsed Electric Fields (PEF) on the peeling ability of different fruits and vegetables. *Journal of Food Engineering*. 2022;322. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110938>
11. Gavahian M, Sastry SK. Ohmic-assisted peeling of fruits: Understanding the mechanisms involved, effective parameters, and prospective applications in the food industry. *Trends in Food Science and Technology*. 2020;106:345–354. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.027>

12. GIlrassino AN, Pedisić S, Dragović-Uzelac V, Karlović S, Ježek D, Bosiljkov T. Insight into high-hydrostatic pressure extraction of polyphenols from tomato peel waste. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2020;75(3):427–433. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00831-1>
13. Sudheesh C, Sunooj KV. Cold plasma processing of fresh-cut fruits and vegetables. In: Siddiqui MW, editor. *Fresh-cut fruits and vegetables*. Academic Press; 2020. pp. 339–356. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816184-5.00014-8>
14. Tylewicz U. How does pulsed electric field work? In: Barba FJ, Parniakov O, Wiktor A, editors. *Pulsed electric fields to obtain healthier and sustainable food for tomorrow*. Academic Press; 2020. pp. 3–21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816402-0.00001-X>
15. Chacha JS, Zhang L, Ofoedu CE, Suleiman RA, Dotto JM, Roobab U, *et al.* Revisiting non-thermal food processing and preservation methods – action mechanisms, pros and cons: a technological update (2016–2021). *Foods*. 2021;10(6). <https://doi.org/10.3390/foods10061430>
16. Nowosad K, Sujka M, Pankiewicz U, Kowalski R. The application of PEF technology in food processing and human nutrition. *Journal of Food Science and Technology*. 2021;58(2):397–411. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04512-4>
17. Arnal Á, Royo P, Pataro G, Ferrari G, Ferreira V, López-Sabirón AM, *et al.* Implementation of PEF treatment at real-scale tomatoes processing considering LCA methodology as an innovation strategy in the agri-food sector. *Sustainability*. 2018;10(4). <https://doi.org/10.3390/su10040979>
18. Martínez JM, Delso C, Álvarez I, Raso J. Pulsed electric field-assisted extraction of valuable compounds from microorganisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020;19(2):530–552. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12512>
19. Suchanek M, Olejniczak Z. Low field MRI study of the potato cell membrane electroporation by pulsed electric field. *Journal of Food Engineering*. 2018;231:54–60. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.03.002>
20. Lammerskitten A, Shorstkii I, Parniakov O, Mykhailik V, Toepfl S, Rybak K, *et al.* The effect of different methods of mango drying assisted by a pulsed electric field on chemical and physical properties. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2020;44(12). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14973>
21. Shorstkii I. Application of cold filamentary microplasma pretreatment assisted by thermionic emission for potato drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2020;66. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102540>
22. Shen Y, Khir R, Wood D, McHugh TH, Pan Z. Pear peeling using infrared radiation heating technology. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2020;65. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102474>
23. Gadzhieva AM, Muradov MS, Kasyanov GI. Development and scientific validation of the innovative technology of complex processing of raw tomato. *Scientific Works of the Kuban State Technological University*. 2014;(5):1–20. (In Russ.).
Гаджиева А. М., Мурадов М. С., Касьянов Г. И. Разработка и научное обоснование инновационных технологий комплексной переработки томатного сырья // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2014. № 5. С. 1–20.
24. Vidyarthi SK, El Mashad HM, Khir R, Zhang R, Tiwari R, Pan Z. Evaluation of selected electric infrared emitters for tomato peeling. *Biosystems Engineering*. 2019;184:90–100. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.06.006>
25. Sawant SR, Pandey JP, Singh A, Prakash O. Performance and evaluation of ohmic heating assisted lye and salt concentration on peeling quality of tomato. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2018;7(9):3515–3524. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.709.436>
26. Wongsan-Ngasri P, Sastry SK. Tomato peeling by ohmic heating: Effects of lye-salt combinations and post-treatments on weight loss, peeling quality and firmness. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2016;34:148–153. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.013>
27. Rock C, Yang W, Nooji J, Teixeira A, Feng H. Evaluation of Roma tomatoes (*Solanum lycopersicum*) peeling methods: conventional vs. power ultrasound. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 2010;123:241–245.

Применение ферментативного гидролиза для получения белковых концентратов из жмыха *Camelina sativa*



Я. В. Смольникова*^{ID}, В. А. Бопп^{ID}, А. В. Коломейцев^{ID},
О. В. Стутко^{ID}, В. А. Ханипова^{ID}, Д. В. Брошко^{ID}

Красноярский государственный аграрный университет^{ROR}, Красноярск, Россия

Поступила в редакцию: 22.12.2021

Поступила после рецензирования: 11.03.2022

Принята к публикации: 14.03.2022

*e-mail: ya104@yandex.ru

© Я. В. Смольникова, В. А. Бопп, А. В. Коломейцев,
О. В. Стутко, В. А. Ханипова, Д. В. Брошко, 2022



Аннотация.

Растения семейства *Brassicaceae* обладают высоким потенциалом в качестве альтернативного сырья для получения белковых концентратов и изолятов, конкурентных соевому белку. Ферментативная экстракция является альтернативой обезжиривания масличных семян без использования органических растворителей и позволяет извлекать высококачественные белковые продукты. Целью исследования стало изучение влияния ферментативного гидролиза целлюлолитическим и протеолитическим ферментами на жмых *Camelina sativa* (L.) Crantz (рыжика посевного) для снижения остаточной масличности и повышения выхода белкового компонента.

Белковые концентраты выделяли из жмыха рыжика посевного, полученного методом холодного прессования путем последовательного гидролиза ферментными препаратами Брюзайм BGX и ренин «Мейто» с последующей щелочной экстракцией и осаждением в изoeлектрической точке. Количественное определение содержания белка в концентратах определяли по методу Кьельдаля, аминокислотный состав – методом капиллярного электрофореза.

Установлены концентрации и продолжительность ферментативного гидролиза для эффективного удаления остаточного масла и повышения выхода белка в белковых концентратах из рыжикового жмыха. Обработка препаратом Брюзайм BGX в концентрации 8 мг/л и продолжительностью 120 мин позволяет снизить остаточную масличность рыжикового жмыха на 5,53 % от исходной. Дальнейшая обработка протеолитическим ферментом ренин «Мейто» в течение 60–120 мин увеличивала выход белка на 10,56–11,33 % по сравнению с экстракцией из обезжиренного шрота. В результате исследования аминокислотного состава выявлено, что биологическая ценность белковых концентратов, полученных ферментативным гидролизом, на 2 % выше, чем у белков, полученных по традиционной технологии.

Применение ферментативного гидролиза для получения белковых концентратов из жмыха рыжика посевного позволяет исключить стадию обезжиривания и обеспечивает выход белкового компонента до 68,86 % от суммарного содержания белка, не снижая биологической ценности готового продукта.

Ключевые слова. *Camelina sativa* (L.) Crantz, масличные культуры, жмых, белок, ферментативная экстракция

Финансирование. Результаты получены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России)^{ROR} в рамках выполнения научных исследований и разработок по проекту «Создание комплексного высокотехнологичного производства растительного масличного сырья и продуктов его переработки в условиях Сибири».

Для цитирования: Применение ферментативного гидролиза для получения белковых концентратов из жмыха *Camelina sativa* / Я. В. Смольникова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. X–X. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-199-209>

Aqueous Enzymatic Extraction of Protein Concentrates from *Camelina sativa* Oil Cake

Yana V. Smol'nikova*, Valentina L. Bopp, Alexander V. Kolomeytsev,
Oksana V. Stutko, Vera A. Khanipova, Dominik V. Broshko

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

Received: 22.12.2021

Revised: 11.03.2022

Accepted: 14.03.2022

*e-mail: ya104@yandex.ru

© Ya.V. Smol'nikova, V.L. Bopp, A.V. Kolomeytsev,
O.V. Stutko, V.A. Khanipova, D.V. Broshko, 2022



Abstract.

Brassicaceae plants can serve as a soy alternative to protein concentrates and isolates. Enzymatic extraction is a promising alternative to degreasing oilseeds as it requires no organic solvents and produces high-quality protein products. The research featured the effect of the enzymatic hydrolysis with cellulolytic and proteolytic enzymes on *Camelina sativa* (L.) Crantz oil cake. The objective was to reduce the residual oil content and increase the protein yield.

Protein concentrates were isolated from seed cake obtained by cold pressing. The method involved sequential hydrolysis with enzyme preparations BrewZyme BGX and Meito renin, followed by alkaline extraction and precipitation at an isoelectric point. The amount of protein in the concentrates was determined by the Kjeldahl method, and the amino acid composition – by capillary electrophoresis.

The experiment revealed the optimal concentrations and time, at which the enzymatic hydrolysis effectively removed the residual oil and increased the protein yield. When BrewZyme BGX was applied at a concentration of 8 mg/L for 120 min, it reduced the residual oil content by 5.53%. A further treatment with the proteolytic enzyme Microbial Meito Rennet for 60–120 min increased the protein yield by 10.56–11.33% compared with the fat-free sample. The biological value of protein concentrates obtained by enzymatic hydrolysis was 2% higher than for traditional approaches.

The enzymatic extraction made it possible to avoid the de-greasing stage and raise the protein yield up to 68.86% of the total protein content without reducing the biological value of the finished product.

Keywords. *Camelina sativa* (L.) Crantz, oilseeds, oil cake, protein, enzymatic extraction

Funding. The research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka) as part of the project “Complex hi-tech production of plant oil raw material and its processing in Siberia”.

For citation: Smol'nikova YaV, Bopp VL, Kolomeytsev AV, Stutko OV, Khanipova VA, Broshko DV. Aqueous Enzymatic Extraction of Protein Concentrates from *Camelina sativa* Oil Cake. Food Processing: Techniques and Technology. 2022;52(1):199–209. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-1-199-209>

Введение

Белковая недостаточность, обусловленная дефицитом или дисбалансом пищевых белков, вызывает серьезные последствия для метаболизма организма [1]. Хотя белковое недоедание редко встречается в развитых странах, оно по-прежнему является основной причиной детской смертности и заболеваемости [2]. Одним из решений данной проблемы является активное вовлечение в пищевые технологии растительных белков.

Хотя культивирование растений дешевле и эффективнее животноводства, а также оказывает меньшую экологическую нагрузку на окружающую среду, активное использование растительных белков

все еще ограничено [3–5]. Основным растительным белком, доминирующим на мировом рынке, является соевый. Сою и продукты ее переработки активно используют для производства функциональных пищевых продуктов [6–8]. Поэтому расширение источников сырья и разработка технологий получения растительных белков из альтернативных культур является актуальной задачей.

Возможную конкуренцию соевому белку могут составить продукты переработки масличных культур семейства капустных (*Brassicaceae*). Наиболее популярным представителем данного семейства является рапс (*Brassica napus*), который входит в тройку самых распространенных в мире

масличных культур. Содержит 17–26 % белка с высокой питательной ценностью, хорошо сбалансированным аминокислотным профилем и важными технологическими и функциональными свойствами [9]. Были проведены многочисленные исследования для разработки эффективных методов получения высококачественного рапсового белка с хорошей усвояемостью [10–15].

Менее изученной культурой семейства капустных является *Camelina sativa* (L.) Crantz (рыжик посевной). Его применяют в качестве кормовой добавки, а также для производства биотоплива [16, 17]. Однако есть публикации, посвященные оценке пищевых свойств белкового компонента рыжика посевного. Он аналогичен рапсовому и конкурирует с соевым белком [18–20].

Традиционно белковые концентраты и изоляты получают путем экстракции и последующего выделения белка из раствора с использованием соответствующих методов, таких как осаждение или термическая коагуляция. Для получения белковых концентратов из масличных культур жмых после отжима масла подвергают предварительному обезжириванию органическими растворителями, такими как гексан, диэтиловый эфир и др. Применение этих растворителей не только вредно и токсично, но и приводит к загрязнению воздуха [21]. Несмотря на то, что гексан разрешен к применению в пищевой промышленности Европейской комиссией и Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (Food and Drug Administration), он по-прежнему классифицируется как опасный растворитель и не разрешен к использованию некоторыми международными организациями [22].

Альтернативным методом извлечения остаточного масла, содержащегося в жмыхах, является ферментативный гидролиз. В данном методе для разрушения клеточных стенок маслосодержащего сырья используются ферменты различной природы (целлюлазы, гемицеллюлазы, пектиназы, протеазы), обеспечивая перенос клеточного содержимого в экстракт. В процессе гидрофильная часть диффундирует в воду, а гидрофобная образует эмульсию. Использование ферментов позволяет отделять выбранные компоненты без изменения их свойств. Это положительно влияет на сенсорные характеристики конечного продукта с точки зрения вкуса и запаха. Полученные соединения больше соответствуют требованиям для пищевых продуктов, чем продукты, полученные другими методами экстракции. Применение ферментов считается наиболее экологически чистым процессом, поскольку снижает химическую нагрузку, создаваемую органическими растворителями. К распространенным побочным продуктам переработки маслосодержащего сырья с высокой добавленной стоимостью относятся белки и пищевые воло-

кна [21]. Ферментативный гидролиз обладает огромным потенциалом, поскольку дает возможность извлекать масло и белки одновременно, а также осуществлять извлечение белковых компонентов при минимальном воздействии на их структуру [23].

Целью данной работы стало исследование влияния ферментативного гидролиза на жмых *Camelina sativa* (L.) Crantz (рыжика посевного) для снижения остаточной масличности и повышения выхода белкового компонента, а также оценка биологической ценности полученного продукта на основании его аминокислотного состава.

Объекты и методы исследования

Жмых из семян рапса холодного отжима является лучшим сырьем для получения белковых концентратов [14]. Поэтому в качестве объекта исследования был выбран жмых рыжика посевного (сорт Ужурский, содержание жира 11,85 %, белка 29,16 % в пересчете на сухое вещество), полученный после выделения масла методом однократного холодного прессования. Прессование проводилось на электрическом маслопрессе для холодного и горячего отжима масла АКJP-2000 deluxe (Akita jp, Тайвань) при температуре отжима 50 °С.

В качестве контрольного образца использовался рыжиковый жмых, обезжиренный гексаном. Обезжиривание и определение остаточной масличности жмыха проводилось методом исчерпывающей экстракции по методике Рэндалла в автоматическом программируемом 6-местном экстракторе SER 148/6 (VELP Scientifica, Италия).

Количественное определение белка в образцах выполнялось по методу Кьельдаля на автоматическом анализаторе азота со встроенным титратором UDK 159 F30200150 (VELP Scientifica, Италия).

Определение аминокислотного состава белковых компонентов проводилось на системе капиллярного электрофореза «КАПЕЛЬ-105М» (Люмэкс, Россия) в соответствии с ГОСТ Р 55569-2013.

Для получения белковой пасты из обезжиренного рыжикового шрота (гексаном в контрольном образце и ферментативным гидролизом в экспериментальном) образцы суспендировались в дистиллированной воде. Смесь перемешивали с помощью верхнеприводного перемешивающего устройства Экрос ПЭ-8310 (Экрос, Россия) в течение 30 мин, доводили pH до 12, добавляя 2 М NaOH, и перемешивали еще 60 мин при комнатной температуре. Затем смесь центрифугировали при 3500 об/мин в течение 20 мин, pH надосадочной жидкости доводили до 4,5 с добавлением 2 М HCl, а затем снова центрифугировали при 3500 об/мин в течение 30 мин при 4 °С для осаждения белка. Белковую пасту подвергали сублимационной сушке и хранили при температуре –20 °С для последующего анализа [18].

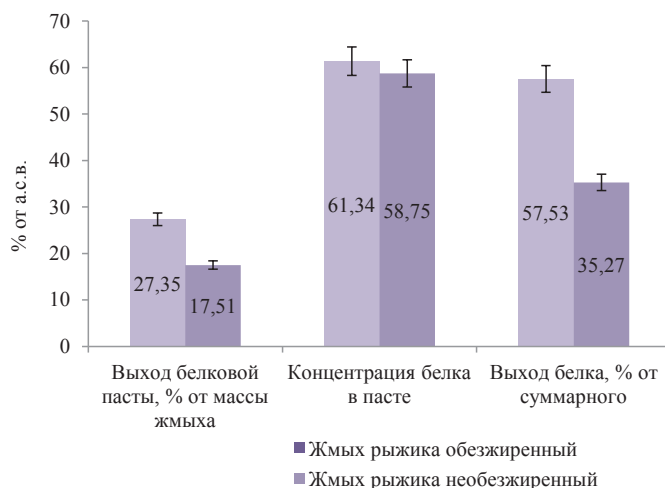


Рисунок 1. Выход белка из жмыха *Camelina sativa*, обезжиренного гексаном, и жмыха без предварительного обезжиривания

Figure 1. Protein yield from hexane-degreased *Camelina sativa* cake and cake without prior degreasing

Центрифугирование осуществлялось на рефрижераторной центрифуге ThermoScientific SL 40R (Thermo Fisher Scientific, США). Для получения сухих порошков белка методом лиофильной сушки использовался сублиматор Bio-Rus-4SFD (BIORUS, Россия).

Проведенные ранее исследования доказали эффективность применения ферментного препарата Брюзайм BGX для частичного обезжиривания жмыха рапса. Остаточная масличность после обработки ферментом снижалась в среднем на 5 % – от 19 до 14,1 %.

На основании этих данных было предположено, что обработка ферментами целлюлазной активности приведет к снижению остаточной масличности при экстракции белковых компонентов из рыжикового жмыха и увеличит выход белковой пасты. При проведении ферментативного гидролиза для обезжиривания рыжикового жмыха был использован комплексный ферментный препарат Брюзайм BGX (Diadic International Inc., Польша, стандартизован по гемицеллюлазе) и продуцент *Trichoderma longibrachiatum*. Он, в соответствии с паспортом, обладает следующими характеристиками: ксиланазная способность – 6500 ± 5 % ед. КС/см³; β -глюканазная способность – 1700 ± 5 % ед. β -ГКС/см³, целлюлазная – 1500 ± 5 % ед. КМИЦ/см³.

Для увеличения концентрации белка в белковой пасте использовался ферментный препарат микробный ренин «Мейто» («Microbial Meito Rennet», КФ 3.4.23.23, Meito Sangyo, Япония), растительный пепсин, продуцент *Rhizomucor miehei* (CAS: 9001-92-7), активность в 1 г, ЕД Meito, не менее 300 000.

На первоначальном этапе необезжиренный жмых рыжика подвергали предварительному ферментативному гидролизу препаратом Брюзайм BGX (концентрация 4, 6, 8 мг/л). Затем вносили препарат ренин «Мейто» в дозировке, рекомендуемой производителем (5 мг/л). После ферментации из частично обезжиренного жмыха получали белковую пасту по вышеописанной схеме.

Для установления предварительных параметров ферментативного гидролиза определяли продолжительность процесса с вариациями по длительности гидролиза – 30, 60, 90 и 120 мин.

Режим ферментативной обработки был выбран аналогично режиму обезжиривания жмыха рапса: гидромодуль составлял 1:10. Гидролиз проводили при температуре 40–45 °С.

Расчет интегральных показателей биологической ценности полученного белка проводился относительно состава идеального белка по шкале ФАО/ВОЗ [24].

Все анализы были проведены в трех экземплярах. Возможные различия между средними показателями были проанализированы с использованием t-критерия Стьюдента. Результаты считались значимыми, если $P \leq 0,05$. Все результаты выражены в виде средних значений со стандартным отклонением.

Результаты и их обсуждение

Для оценки влияния ферментативного гидролиза на выход белковой пасты из рыжикового жмыха было проведено извлечение белков из рыжикового шрота (после обезжиривания гексаном) и из необезжиренного рыжикового жмыха. Результаты представлены на рисунке 1.

Как видно из полученных результатов, стадия обезжиривания позволяет увеличить выход

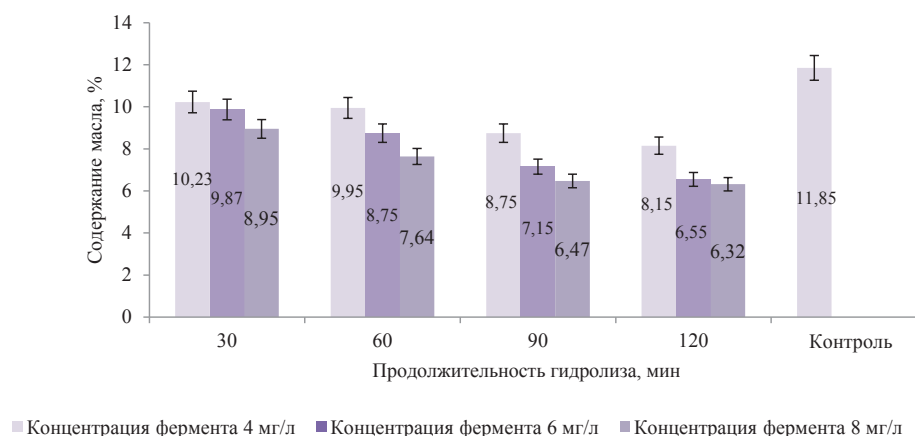


Рисунок 2. Изменение содержания масла в жмыхе *Camelina sativa* при обработке ферментным препаратом Брюзайм BGX с различной концентрацией и продолжительностью

Figure 2. Effect of Bruzyme BGX on the oil content in *Camelina sativa* cake at different concentrations and treatment time

белкового компонента из жмыха рыжика на 21 % благодаря повышению выхода белковой пасты. Концентрация белка в пасте примерно одинакова для обезжиренного и необезжиренного жмыха. Высокая остаточная масличность необезжиренного жмыха холодного отжима (11,85 %) снижает растворимость белков и затрудняет их переход в водную фазу.

На следующем этапе исследования был проведен ферментативный гидролиз целлюлолитическим препаратом Брюзайм BGX для определения возможности снижения остаточной масличности рыжикового жмыха без применения органических растворителей. Для этого необезжиренный жмых рыжика посевного суспендировали в растворе фермента с различной концентрацией и перемешивали в течение 30, 60, 90 и 120 мин. Влияние концентрации фермента и продолжительности гидролиза на изменение масличности жмыха представлено на рисунке 2.

В результате проведенных исследований установлено, что частичная биodeградация растительных стенок с применением целлюлолитического препарата Брюзайм BGX позволяет снизить остаточную масличность жмыха рыжика посевного до 6,32 % (от исходной масличности 11,85 %). Чем выше была концентрация ферментного препарата и длительность обработки, тем ниже было содержание остаточного масла в рыжиковом жмыхе. При обработке Брюзаймом BGX в концентрации 4 мг/л снижение остаточной масличности составило от 1,62 до 3,7 % (30 и 120 мин гидролиза соответственно), в концентрации 6 мг/л – от 1,98 до 5,3 %, в концентрации 8 мг/л – от 2,9 до 5,53 %.

Выделение масла, полученного при ферментативном обезжиривании жмыха, осуществлялось путем центрифугирования. Для оценки качества масла было определено кислотное число (методом

визуального титрования в соответствии с ГОСТ 31933-2012), которое составило 2,58 мг КОН/г. Это соответствует требованиям к допустимым уровням показателей безопасности пищевой масложировой продукции ТР ТС 024/2011.

Затем из частично обезжиренных после ферментативного гидролиза жмыхов рыжика извлекали белковый компонент. Выход белковой пасты, концентрация белка в пасте и выход белка в % от суммарного содержания белка в жмыхе представлены на рисунках 3–5.

При ферментативной обработке рыжикового жмыха целлюлолитическим ферментом наблюдалось увеличение выхода белковой пасты относительно контрольного образца без применения гидролиза (на 0,91–6,24 %). Также увеличилась концентрация белка в белковой пасте: на 0,67 % при концентрации фермента 4 мг/л и обработке 30 мин, на 5,5 % при концентрации фермента 8 мг/л и обработке 120 мин. Увеличению выхода белковой пасты способствовало повышение количества водорастворимых углеводов, образовавшихся при ферментативном разрушении клеточных стенок.

Наименьший выход белка в % от суммарного содержания в жмыхе наблюдался при концентрации 4 мг/л и продолжительности обработки 30 мин и составил 37,53 %. При увеличении концентрации до 8 мг/л и продолжительности обработки до 120 мин выход белка составил 52,33 %. Это на 17,06 % выше, чем при получении белковой пасты из необезжиренного жмыха без ферментативной обработки. Однако на 5,2 % ниже, чем выход белка из обезжиренного шрота.

Для извлечения белков из шротов из масличных культур, таких как рапс, соевые бобы и шроты из микроводорослей используются ферментные препараты протеазной активности. S. B. Zhang и др. применяли Алкалазу (КФ 3.4.21.62) –

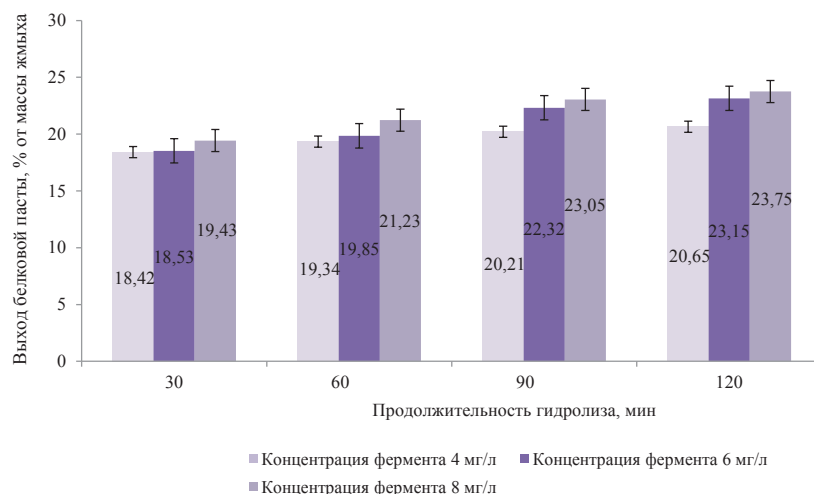


Рисунок 3. Влияние концентрации и продолжительности обработки ферментным препаратом Брюзайм BGX на выход белковой пасты из жмыха *Camelina sativa*

Figure 3. Effect of Bruzime BGX on the protein yield from *Camelina sativa* oil cake at different concentrations and treatment time

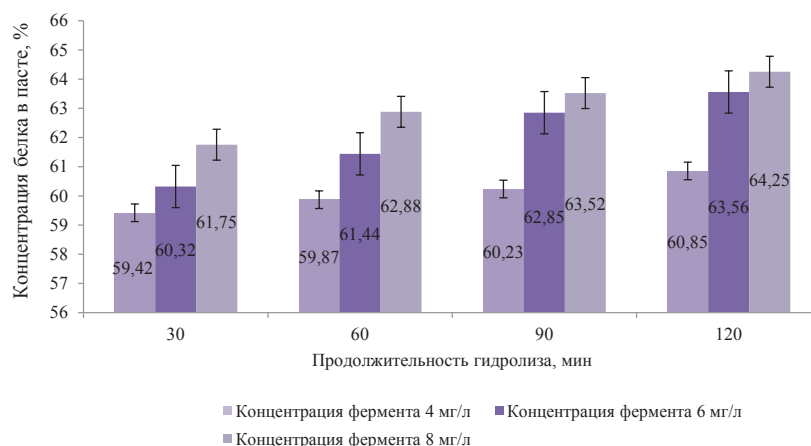


Рисунок 4. Влияние концентрации и продолжительности обработки ферментным препаратом Брюзайм BGX на концентрацию белка в белковой пасте из жмыха *Camelina sativa*

Figure 4. Effect of Bruzime BGX on the protein concentration in *Camelina sativa* oil cake at different concentrations and treatment time

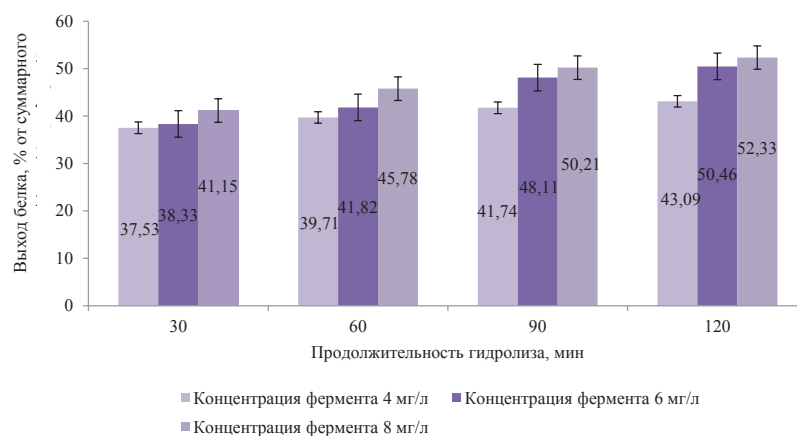


Рисунок 5. Влияние концентрации и продолжительности обработки ферментным препаратом Брюзайм BGX на выход белка из жмыха *Camelina sativa*

Figure 5. Effect of Bruzime BGX on the protein yield from *Camelina sativa* oil cake at different concentrations and treatment time

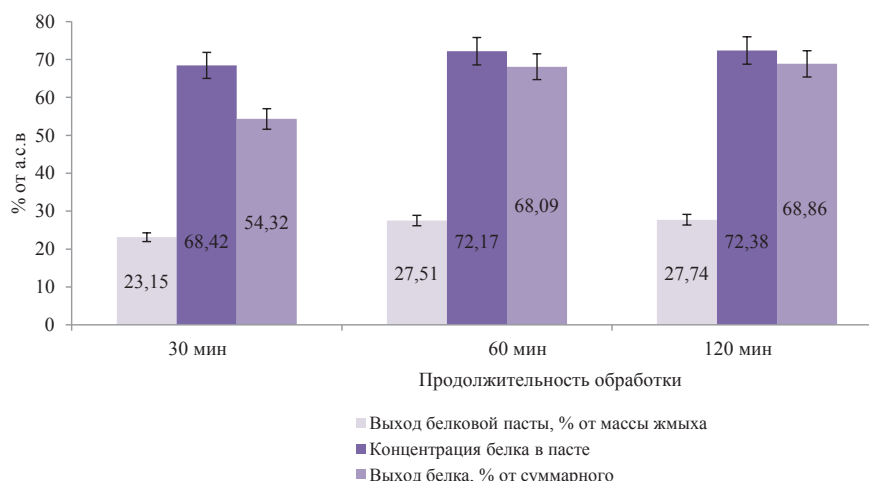


Рисунок 6. Влияние продолжительности обработки ферментным препаратом ренин «Мейто» на выход белка из жмыха *Camelina sativa*

Figure 6. Effect of the Meito renin on the protein yield from *Camelina sativa* cake at different treatment time

протеолитический фермент класса сериновых протеаз бактериального происхождения – с последующей обработкой карбогидразой (комбинация целлюлазы, β -глюканазы и пектиназы) семян рапса для ускорения гидролиза белка с целью разрушения эмульсии и одновременного получения более высоких выходов свободного масла (73–76 %) и гидролизатов белка (80–83 %) в системе водной ферментативной экстракции [25]. В другом исследовании экстракция с помощью протеазы Protamex позволила выделить из изолята белка фасоли пептиды антиоксиданта и ингибитора α -амилазы. Аналогичным образом были исследованы ингибирующие и антигипертензивные свойства пептидов, полученных из белка картофеля и рапса с помощью Алкалазы [26]. Из приведенных выше примеров можно сделать вывод о том, что ферментативную экстракцию можно использовать не только для выделения белков, обладающих биологическими свойствами, но и для улучшения их активности [27].

Для дальнейшего исследования влияния ферментативного гидролиза на выход белка из рыжикового жмыха была проведена ферментативная экстракция с добавлением ферментного препарата протеазной активности ренин «Мейто». Препарат вносили в жмых рыжика после ферментативного обезжиривания Брюзайм BGX (при концентрации фермента 8 мг/л и продолжительности обработки 120 мин) в дозировке, рекомендуемой производителем (5 мг/л). Продолжительность обработки варьировали от 30 до 120 мин. Далее суспензию центрифугировали и проводили выделение белкового компонента.

Результаты влияния обработки ферментным препаратом ренин «Мейто» на выход белкового ком-

понента из рыжикового жмыха представлены на рисунке 6.

Как видно из полученных результатов, обработка ферментным препаратом ренин «Мейто» жмыха рыжика повышает концентрацию белка и выход белковой пасты.

Максимальный выход белка из жмыха рыжика после обработки Брюзайм BGX составил 52,33 % от суммарного содержания белка в жмыхе, а при последовательной обработке ренином «Мейто» – 68,86 % (на 16,53 % выше). Это на 11,33 % выше, чем при получении белка из обезжиренного шрота. Продолжительность ферментативного гидролиза 60 мин представляется наиболее целесообразной, т. к. увеличение продолжительности обработки в два раза не приводит к повышению выхода и концентрации белка.

Для оценки качественного состава полученного белка был определен его аминокислотный состав (табл. 1).

По результатам исследования можно сделать вывод об относительной стабильности аминокислотного состава белковых концентратов рыжикового жмыха, полученных различными методами. Белковые концентраты рыжикового жмыха содержат высокие значения лизина и треонина, аминокислотные скоры которых близки или больше единицы относительно эталонного белка. Все белковые порошки имели высокое общее содержание ароматических аминокислот (фенилаланин + тирозин), чем эталонный белок. Это согласуется с литературными данными по аминокислотному составу изолятов рапсового белка [28]. Аминокислотные составы белков рыжика характеризуются высоким уровнем серосодержащих аминокислот – метионина и цистеина, которые

Таблица 1. Аминокислотный состав белка из жмыха *Camelina sativa*, полученного методами энзиматической биоконверсииTable 1. Amino acid composition of protein obtained from *Camelina sativa* cake by enzymatic bioconversion

Аминокислоты	Массовая доля аминокислоты, г/100 г эталонного белка по ФАО/ВОЗ (2011)	Белок из обезжиренного шрота		Белок из необезжиренного жмыха		Белок из жмыха после биоконверсии	
		Массовая доля аминокислот в белке, г/100 г белка	Аминокислотный скор	Массовая доля аминокислот в белке, г/100 г белка	Аминокислотный скор	Массовая доля аминокислот в белке, г/100 г белка	Аминокислотный скор
Незаменимые							
Лизин	2,00	2,01	1,01	2,55	1,28	2,08	1,04
Фенилаланин + тирозин	5,70	5,85	1,03	5,97	1,05	6,15	1,08
Гистидин	5,20	4,64	0,89	3,67	0,71	3,53	0,68
Лейцин + изолейцин	9,80	6,20	0,63	5,8	0,59	5,95	0,61
Метионин + цистеин	2,70	3,10	1,15	3,11	1,15	3,55	1,31
Валин	4,30	4,15	0,97	4,11	0,96	4,13	0,96
Треонин	3,10	3,36	1,08	3,02	0,97	3,48	1,12
Триптофан	0,85	0,39	0,46	0,35	0,41	0,42	0,49
Заменимые							
Аргинин	—	10,19		9,15		10,51	
Пролин	—	5,99		6,45		6,53	
Серин	—	7,15		7,31		7,25	
Аланин	—	6,63		6,54		6,61	
Глицин	—	5,57		5,47		5,64	
Глутаминовая кислота + глутамин	—	17,75		17,72		17,47	
Аспарагиновая кислота + аспаргин	—	15,31		15,21		14,22	

превышают требования, установленные ФАО/ВОЗ. Это делает их превосходящими по этому показателю другие доступные растительные белки, включая бобовые [9].

По незаменимым аминокислотам белковые концентраты рыжикового жмыха содержат значительные количества глутаминовой (17,47–17,72 г/100 г белка) и аспарагиновой кислот (14,22–15,31 г/100 г белка).

Лимитирующей аминокислотой в белковом концентрате является триптофан, в рапсовом белке – лизин.

Для изучения возможности использования белковых концентратов, полученных из жмыха рыжика ферментативным гидролизом в пищевых производствах, были определены интегральные показатели их биологической ценности.

Расчет показателей биологической ценности проводился относительно состава идеального белка по шкале ФАО/ВОЗ методом определения ами-

нокислотных скоров и расчета на их основе коэффициента различий аминокислотного скор и биологической ценности по методике И. А. Рогова и Н. Н. Липатова [29].

Коэффициент различий аминокислотного скор характеризует среднюю величину избытка аминокислотного скор незаменимых аминокислот в сравнении с наименьшим уровнем скор какой-либо незаменимой аминокислоты (избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды).

Интегральные показатели биологической ценности белков рыжикового жмыха до и после энзиматической биоконверсии представлены на рисунке 7.

В результате анализа расчетных показателей биологической ценности белковых концентратов из жмыха рыжика, представленных на рисунке 7, установлено увеличение биологической ценности белков после биоконверсии на 2 % по сравнению с белком из обезжиренного шрота. Таким образом,

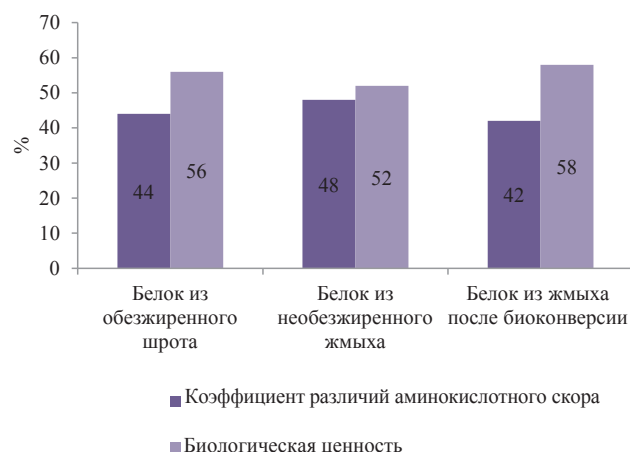


Рисунок 7. Показатели биологической ценности белков рыжика до и после энзиматической биоконверсии

Figure 7. Indicators of the biological value of Camelina proteins before and after enzymatic bioconversion

биотехнологические методы получения белковых концентратов не только повышают экономическую эффективность процесса, но и улучшают питательные свойства белков рыжика. Это дает возможность для дальнейшего их использования в качестве компонента пищевых продуктов.

Выводы

Доказана эффективность применения ферментных препаратов Брюзайм BGX для ферментативного обезжиривания жмыха *Camelina sativa* перед извлечением белковых компонентов. Остаточная маслянистость может быть снижена на 5,53 % при продолжительности обработки ферментом 120 мин и концентрации 8 мг/л. Установлено, что применение протеолитического фермента ренин «Мейто» при последовательной обработке рыжикового жмыха в течение 60–120 мин увеличивает суммарный выход белка до 68,09–68,86 %. Это на 10,56–11,33 % выше, чем при получении белка из обезжиренного шрота.

Анализ аминокислотного состава белковых концентратов, полученных путем ферментативного гидролиза, показал увеличение биологической ценности белков.

Таким образом, применение методов биоконверсии для выделения белковых концентратов из жмыха рыжика позволяет исключить из технологии стадию обезжиривания органическими растворителями, а также получать продукт с высоким выходом и биологической ценностью.

Критерии авторства

Авторы в равной степени принимали участие в исследованиях и оформлении рукописи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors contributed equally to the study and bear equal responsibility for information published in this article.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

References/Список литературы

1. Semba RD. The rise and fall of protein malnutrition in global health. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2016;69(2):79–88. <https://doi.org/10.1159/000449175>
2. Kalu RE, Etim KD. Factors associated with malnutrition among underfive children in developing countries: A review. *Global Journal of Pure and Applied Sciences*. 2018;24(1):69–74. <https://doi.org/10.4314/gjpas.v24i1.8>
3. Tubb C, Seba T. Rethinking food and agriculture 2020–2030: The second domestication of plants and animals, the disruption of the cow, and the collapse of industrial livestock farming. *Industrial Biotechnology*. 2021;17(2):57–72. <https://doi.org/10.1089/ind.2021.29240.ctu>
4. Deng Y, Huang L, Zhang C, Xie P, Cheng J, Wang X, *et al.* Physicochemical and functional properties of Chinese quince seed protein isolate. *Food Chemistry*. 2019;283:539–548. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.083>

5. Du M, Xie J, Gong B, Xu X, Tang W, Li X, et al. Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. *Food Hydrocolloids*. 2018;76:131–140. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.01.003>
6. Statsenko ES, Litvinenko OV, Korneva NYu, Shtarberg MA, Borodin EA. New technology for functional dessert production based on soy and pumpkin. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020;50(2):351–360. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-351-360>
7. Statsenko ES, Litvinenko OV, Kodirova GA, Kubankova GV, Korneva NYu, Pokotilo OV. Fermented milk beverages fortified with soy protein. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(4):784–794. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-784-794>
8. Petrova SN, Maximova IA. Tokopherols in okara (soy pulp): Highly efficient liquid chromatography. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020;50(2):194–203. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-194-203>
9. Chmielewska A, Kozłowska M, Rachwał D, Wnukowski P, Amarowicz R, Nebesny E, et al. Canola/rapeseed protein – nutritional value, functionality and food application: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2021;61(22):3836–3856. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1809342>
10. Canistro D, Vivarelli F, Ugolini L, Pinna C, Grandi M, Antonazzo IC, et al. Digestibility, toxicity and metabolic effects of rapeseed and sunflower protein hydrolysates in mice. *Italian Journal of Animal Science*. 2017;16(3):462–473. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1298410>
11. Kalaydzhiev H, Georgiev R, Ivanova P, Stoyanova M, Silva CLM, Chalova VI. Enhanced solubility of rapeseed meal protein isolates prepared by sequential isoelectric precipitation. *Foods*. 2020;9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060703>
12. Ostrowska A, Kozłowska M, Rachwał D, Wnukowski P, Nebesny E, Rosicka-Kaczmarek J. Rapeseed protein-fibre concentrate: Chemical composition and functional properties. *Food. Science. Technology. Quality*. 2018;25(4):86–99. <https://doi.org/10.15193/zntj/2018/117/261>
13. Zhang Z, He S, Liu H, Sun X, Ye Y, Cao X, et al. Effect of pH regulation on the components and functional properties of proteins isolated from cold-pressed rapeseed meal through alkaline extraction and acid precipitation. *Food Chemistry*. 2020;327. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126998>
14. Östbring K, Malmqvist E, Nilsson K, Rosenlind I, Rayner M. The effects of oil extraction methods on recovery yield and emulsifying properties of proteins from rapeseed meal and press cake. *Foods*. 2020;9(1). <https://doi.org/10.3390/foods9010019>
15. Östbring K, Tullberg C, Burri S, Malmqvist E, Rayner M. Protein recovery from rapeseed press cake: Varietal and processing condition effects on yield, emulsifying capacity and antioxidant activity of the protein rich extract. *Foods*. 2019;8(12). <https://doi.org/10.3390/foods8120627>
16. Borah N, Mapelli S, Pecchia P, Chaliha B, Proteem Saikia S. Adaptation of *Camelina sativa* (L.) Crantz in Assam, India: agronomic, physiological and biochemical aspects of a potential biofuel feedstock. *Biofuels*. 2021;12(7):749–756. <https://doi.org/10.1080/17597269.2018.1537205>
17. Colonna MA, Giannico F, Tufarelli V, Laudadio V, Selvaggi M, De Mastro G, et al. Dietary supplementation with *Camelina sativa* (L. Crantz) forage in autochthonous Ionica goats: Effects on milk and Caciotta cheese chemical, fatty acid composition and sensory properties. *Animals*. 2021;11(6). <https://doi.org/10.3390/ani11061589>
18. Ngo NT, Shahidi F. Functional properties of protein isolates from camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) and flaxseed (*sophia*, *Descurainis sophia* L.) seed meals. *Food Production, Processing and Nutrition*. 2021;3(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00076-8>
19. Boyle C, Hansen L, Hinnenkamp C, Ismail BP. Emerging Camelina protein: Extraction, modification, and structural/functional characterization. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2018;95(8):1049–1062. <https://doi.org/10.1002/aocs.12045>
20. Sarv V, Trass O, Diosady LL. Preparation and characterization of Camelina sativa protein isolates and mucilage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2017;94(10):1279–1285. <https://doi.org/10.1007/s11746-017-3031-x>
21. Jeevan Kumar SP, Vijay Kumar G, Dash A, Scholz P, Banerjee R. Sustainable green solvents and techniques for lipid extraction from microalgae: A review. *Algal Research*. 2017;21:138–147. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.11.014>
22. Castejón N, Luna P, Señoráns FJ. Alternative oil extraction methods from *Echium plantagineum* L. seeds using advanced techniques and green solvents. *Food Chemistry*. 2018;244:75–82. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.014>
23. Mwaurah PW, Kumar S, Kumar N, Attkan AK, Panghal A, Singh VK, et al. Novel oil extraction technologies: Process conditions, quality parameters, and optimization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2020;19(1):3–20. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12507>
24. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO; 2013. 79 p.
25. Zhang SB, Wang Z, Xu SY. Optimization of the aqueous enzymatic extraction of rapeseed oil and protein hydrolysates. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2007;84(1):97–105. <https://doi.org/10.1007/s11746-006-1004-6>

26. Sari YW, Bruins ME, Sanders JPM. Enzyme assisted protein extraction from rapeseed, soybean, and microalgae meals. *Industrial Crops and Products*. 2013;43(1):78–83. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.07.014>
27. Ngoh Y-Y, Gan C-Y. Enzyme-assisted extraction and identification of antioxidative and α -amylase inhibitory peptides from Pinto beans (*Phaseolus vulgaris* cv. Pinto). *Food Chemistry*. 2016;190:331–337. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.120>
28. Zahari I, Ferawati F, Purhagen JK, Rayner M, Ahlström C, Helstad A, *et al.* Development and characterization of extrudates based on rapeseed and pea protein blends using high-moisture extrusion cooking. *Foods*. 2021;10(10). <https://doi.org/10.3390/foods10102397>
29. Zandanova TN, Ivanova KV, Myryuanova TP. The effect of starter on amino acid composition of fermented milk. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2021;83(1):258–262. (In Russ.). <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2021-1-258-262>

Уведомление о ретракции

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Кирсанов В. В., Кузнецова А. Е., Червецов В. В., Галстян А. Г. Непрерывный процесс кристаллизации лактозы в молочных консервах с сахаром – перспективы использования в производстве. Техника и технология пищевых производств. 2012. Т. 25. № 2. С. 52–57.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Червецов В. В., Кирсанов В. В., Гощанская М. Н., Галстян А. Г., Илларионова Е. Е. Исследование непрерывного процесса кристаллизации лактозы в сгущенных молокосодержащих консервах с сахаром. Техника и технология пищевых производств. 2011. Т. 23 № 4. С. 63–67.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись Плотников Д. А. Обоснование оптимальных условий и сроков хранения консервов из маринованных грибов. Техника и технология пищевых производств. 2011. Т. 22. № 3. С. 35–37.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Плотников Д. А. Обоснование сроков хранения консервов из маринованных грибов. Техника и технология пищевых производств. 2009. Т. 12. № 1. С. 47–50.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Новоселов С. В. Оценка инновационного потенциала технического университета с применением гибридных экспертных систем, в процессе оптимизации управленческих. Техника и технология пищевых производств. 2009. Т. 15. № 4. С. 78–84.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Новоселов С. В. Оценка инновационного потенциала технического университета с применением гибридных экспертных систем при оптимизации управленческих решений. Инновации. 2007. Т. 107 № 9. С. 106–110.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Воробьева Л. Н., Татарченко И. И., Аркатова А. С., Половченя А. А. Совершенствование технологии производства натурального ароматизированного кофе. Техника и технология пищевых производств. 2010. Т. 17. № 2. С. 13–16.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Миргородская А. Г., Татарченко И. И. Натуральный ароматизированный кофе: технология производства и определение показателей качества. Сборник научных трудов всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий. 2010. № 179. С. 68–73.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Узаков Я. М., Каимбаева Л. А. Изменение активности тканевых протеиназ мяса маралов по стадиям процесса автолиза. Техника и технология пищевых производств. 2011. Т. 21. № 2. С. 66–69.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Узаков Я. М., Оспанова Д. А., Каимбаева Л. А. Активность тканевых протеиназ мяса маралов в послеубойном состоянии. Мясная индустрия. 2011. № 5. С. 64–66.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Алиева Л. Р., Бакулин А. В., Варламов В. П., Евдокимов И. А., Гавриленко Н. В., Червяковский Е. М., Курченко В. П. Взаимодействие хитозанов с белками молочной сыворотки. *Техника и технология пищевых производств*. 2012. Т. 25. № 2. С. 7–10.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Алиева Л. Р., Бакулин А. В., Варламов В. П., Гавриленко Н. В., Червяковский Е. М., Курченко В. П. Взаимодействие хитозанов с белками молочной сыворотки. *Вестник Северо-Кавказского государственного технического университета*. 2012. Т. 31. № 2. С. 73–77.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Татарченко И. И., Воробьева Л. Н., Безкровная М. С., Комиссарова Е. В. Разработка технологии получения восстановленного ароматизированного чая. *Техника и технология пищевых производств*. 2010. Т. 17. № 2. С. 32–37.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Миргородская А. Г., Татарченко И. И. Восстановленный ароматизированный чай: технология производства и оценка показателей качества. *Сборник научных трудов всероссийского научно-исследовательского института табака, махорки и табачных изделий*. 2010. № 179. С. 73–80.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Плосконосова Е. А. Модернизация экономики России: выбор приоритетных направлений с позиции системного подхода. *Техника и технология пищевых производств*. 2014. Т. 32. № 1. С. 157–162.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Плосконосова Е. А. Системные принципы выбора приоритетов модернизации российской экономики. *Известия Волгоградского государственного педагогического университета*. 2011. Т. 63. № 9. С. 92–97.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Майоров А. А., Бузоверов С. Ю., Сурай Н. М. Исследование характеристик творога, обогащенного пищевыми волокнами. *Техника и технология пищевых производств*. 2016. Т. 41. № 2. С. 62–66.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Бузоверов С. Ю., Панкрушина Е. Р. Повышение качественных характеристик творога путем обогащения его пищевыми волокнами. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2015. Т. 129. № 7. С. 140–144.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Попов А. М., Берязева Л. Н., Майтаков А. Л. Пути оптимизации процесса гранулообразования в тарельчатых грануляторах. *Техника и технология пищевых производств*. 2009. Т. 15. № 4. С. 47–50.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Попов А. М., Берязева Л. Н., Майтаков А. Л. Оптимизация процесса гранулообразования активатором-дезинтегратором. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2008. № 1. С. 21–24.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Панфилов В. А. Формализация инновационных процессов развития техники пищевых технологий. *Техника и технология пищевых производств*. 2016. Т. 41. № 2. С. 73–76.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Панфилов В. А. Формализация инновационных процессов развития техники пищевых технологий. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. Т. 67. № 1. С. 7–10.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Панфилов В. А. Формализация инновационных процессов развития техники пищевых технологий. Известия КГТУ. 2017. № 44. С. 143–149.

Редакция отзывает 15.03.2022 рукопись: Панфилов В. А. Продовольственная безопасность России и шестой технологический уклад в АПК. Техника и технология пищевых производств. 2015. Т. 37. № 2. С. 5–9.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Панфилов В. А. Продовольственная безопасность России и шестой технологический уклад в агропромышленном комплексе. Известия КГТУ. 2015. № 39. С. 77–84.

Ретракция оформлена по решению редакции в связи с выявлением дублирующей публикации: Панфилов В. А. Системный комплекс «Аграрно-пищевая технология» и шестой технологический уклад в АПК. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2014. Т. 4. № 4. С. 55–61.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Журнал «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)» предназначен для публикации статей, посвященных проблемам пищевой и смежных отраслей промышленности.

Статья должна отвечать профилю журнала, обладать научной новизной, публиковаться впервые.

Рукопись научной статьи, поступившая в редакцию журнала «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)», рассматривается ответственным за выпуск на предмет соответствия профилю журнала, требования к оформлению, проверяется оригинальность представленного текста в системе «Антиплагиат», регистрируется.

В журнале публикуются только рукописи, текст которых рекомендован рецензентами.

Редакция организует «двухстороннее слепое» (анонимное) рецензирование представленных рукописей с целью их экспертной оценки. Выбор рецензента осуществляется решением главного редактора или его заместителя. Для проведения рецензирования рукописей статей в качестве рецензентов могут привлекаться как члены редакционной коллегии журнала «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)», так и высококвалифицированные ученые и специалисты других организаций и предприятий, обладающие глубокими профессиональными знаниями и опытом работы по конкретному научному направлению, как правило, доктора наук, профессора. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи.

Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.

Срок рассмотрения статьи не должен превышать трех месяцев со дня получения статьи на рецензирование.

Оригиналы рецензий хранятся в издательстве и в редакции издания в течение пяти лет со дня публикации статей.

Если в рецензии на статью имеется указание на необходимость ее исправления, то статья направляется автору на доработку.

Если статья по рекомендации рецензента подверглась значительной авторской переработке, то она направляется на повторное рецензирование тому же рецензенту, который сделал критические замечания.

Редакция оставляет за собой право отклонения статей в случае неспособности или нежелания автора учесть пожелания редакции.

При наличии отрицательных рецензий на рукопись от двух разных рецензентов или одной рецензии на ее доработанный вариант статья отклоняется от публикации без рассмотрения другими членами редколлегии. Автору не принятой к публикации статьи ответственный за выпуск направляет мотивированный отказ. Фамилия рецензента может быть сообщена автору лишь с согласия рецензента.

Решение о возможности публикации после рецензирования принимается главным редактором, а при необходимости – редколлекцией в целом.

Редакция журнала направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются обратно автору.

Рукописи печатаются, как правило, в порядке очередности их поступления в редакцию. В исключительных случаях, редакционная коллегия имеет право изменить очередность публикации статей.

Все материалы журнала «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)» распространяются на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Объем статьи должен быть не менее 20–25 тыс. знаков (не включая списки литературы на русском и английском языках). Объем обзорной рукописи – более 25 тыс. знаков.

Оформление текста (форматирование): поля по 20 мм, одинарный интервал без переносов, лишних пробелов и абзацных интервалов, шрифт Times New Roman, 10 кегль. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Графики, диаграммы и т. п. (желательно цветные), созданные средствами Microsoft Office и Corel Draw, должны допускать возможность редактирования и направляются в редакцию отдельными файлами в форматах tiff, jpeg, cdr, excel.

Каждая таблица, график, диаграмма и т. п. должны иметь заголовки и порядковые номера, в тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую из них.

Структура статьи:

1. Индекс УДК, тип статьи;
2. Название статьи;
3. Инициалы и фамилии всех авторов;
4. Официальное полное название учреждения;
5. E-mail автора, с которым следует вести переписку;
6. Аннотация (разбивается на разделы: «Введение», «Объекты и методы исследований», «Результаты и их обсуждение», «Выводы»);
7. Ключевые слова;
8. Финансирование;
9. Текст статьи (обязательные разделы: «Введение», «Объекты

и методы исследований», «Результаты и их обсуждение», «Выводы»);

10. Критерий авторства;
11. Конфликт интересов;
12. Благодарности;
13. Список литературы;
14. Список литературы (References);
15. Сведения об авторах (на русском и английском языках).

Подать рукопись можно на сайте журнала <https://fppt.ru> или отправив на e-mail fppt98@gmail.com

В редакцию предоставляются:

1. Электронная версия статьи в программе MSWord. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП.doc. Не допускается в одном файле помещать несколько документов;
2. Сканированная электронная версия статьи, подписанная всеми авторами, в программе PDF. Файл статьи следует назвать по фамилии первого автора – ПетровГП.pdf. Не допускается в одном файле помещать несколько документов;
3. Гарантийное письмо (скан-копия) на имя главного редактора журнала на бланке направляющей организации с указанием даты регистрации и исходящего номера, с заключением об актуальности работы и рекомендациями к опубликованию, с подписью руководителя учреждения;
4. Издательский лицензионный договор.

Более подробная информация на сайте журнала «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)» <https://fppt.ru>.

Колонка редактора	1	Вебер А. Л., Леонова С. А., Кондратьева О. В. Потребительские свойства и потенциальная востребованность продуктов «dairy alternatives» из отечественных сортов гороха и фасоли	108
Янковская В. С., Дунченко Н. И., Михайлова К. В. Разработка структурированных молочных продуктов с учетом данных о рекламациях и методологии квалитметрии рисков	2	Крикунова Л. Н., Дубинина Е. В., Песчанская В. А., Ульянова Е. В. Новый вид азотсодержащего сырья для использования в технологии дистиллятов	123
Сурай Н. М., Миргородская М. Г., Кураев А. Н., Бурланков П. С., Мельникова Ю. В. Региональный опыт поддержки развития сельскохозяйственной потребительской кооперации	13	Каледин А. П., Маловичко Л. В., Резанов А. Г., Дроздова Л. С. Особенности осенне-зимнего питания фазана обыкновенного (<i>Phasianus colchicus</i>) в Центральном Предкавказье	133
Фролова Ю. В., Соболев Р. В., Саркисян В. А., Кочеткова А. А. Влияние соединений полисахаридной природы на устойчивость прямых эмульсий при хранении	32	Мустафина А. С., Резниченко И. Ю., Бакин И. А., Шилов С. В. Разработка рейтинговой системы контроля качества сухих напитков функциональной направленности	144
Кручинин А. Г., Большакова Е. И. Гибридная стратегия биоинформатического моделирования (<i>in silico</i>) для изучения биологически активных пептидов молочного белка	46	Погорелов А. Г., Панайт А. И., Кузнецов А. Л., Молчанова Е. Н., Суворов О. А., Ипатова Л. Г. Влияние электрохимически активированной воды на показатели качества теста и изделий из пшеничной муки	156
Попов А. М., Плотников К. Б., Иванов П. П., Плотников И. Б., Попов Д. М., Плотникова И. О. Исследование влияния вибрации на пористость и прочность гранул инстантированных напитков	58	Бурак Л. Ч., Завалей А. П. Разработка специального сорта пива повышенной антиоксидантной активности с ягодами бузины (<i>Sambucus nigra</i> L.)	168
Горников Н. В., Майорникова Л. А., Новоселов С. В., Крapiва Т. В., Кошаров А. А. Роль инновационной среды в развитии предприятий общественного питания в региональных условиях	70	Шемчук М. А., Шадрин В. Г., Комарчева О. С., Коновалова О. В. Цифровые маркетинговые коммуникации на рынке спортивного питания	178
Чаплыгина О. С., Просяков А. Ю., Веснина А. Д. Методы оценки остаточного количества антибиотиков группы амфениколы в молоке и молочной продукции	79	Худяков Д. А., Соснин М. Д., Маунассар Е. Х. А., Течаканон Ч., Симер К., Топфль С., Шорсткий И. А. Повышение эффективности снятия покровной ткани с плодов томата импульсным электрическим полем	189
Славянский А. А., Митрошина Д. П., Грибкова В. А., Карамзин А. В. Фракционирование сыпучих пищевых продуктов	89	Смольникова Я. В., Бопп В. Л., Коломейцев А. В., Стутко О. В., Ханипова В. А., Брошко Д. В. Применение ферментативного гидролиза для получения белковых концентратов из жмыха <i>Camelina sativa</i>	199
Гуринович Г. В., Патракова И. С., Хренов В. А. Влияние продолжительности сухого созревания и состава посолочных веществ на белки высококачественной говядины	98	Уведомление о ретракции	210

CONTENTS

Editors Column	1	Veber Anna L., Leonova Svetlana A., Kondratyeva Oksana V. Consumer Qualities and Potential Relevance of Dairy Alternatives from Domestic Beans and Peas	108
Yankovskaya Valentina S., Dunchenko Nina I., Mikhaylova Kermen V. New Structured Dairy Products Based on Quality Complaints and Risk Qualimetry	2	Krikunova Ludmila N., Dubinina Elena V., Peschanskaya Violetta A., Ulyanova Ekaterina V. New Nitrogen-Containing Raw Materials in Distillate Technology	123
Suray Natalya M., Mirgorodskaya Marina G., Kuraev Aleksey N., Burlankov Petr S., Melnikova Yulia V. Regional Experience in Supporting the Development of Agricultural Consumer Cooperation	13	Kaledin Anatoly P., Malovichko Lyubov' V., Rezanov Alexandr G., Drozdova Lyudmila S. Autumn and Winter Diet of <i>Phasianus colchicus</i> in the Central Ciscaucasia	133
Frolova Yuliya V., Sobolev Roman V., Sarkisyan Varuzhan A., Kochetkova Alla A. Effect of Polysaccharide Compounds on the Stability of Oil-In-Water Emulsions during Storage	32	Mustafina Anna S., Reznichenko Irina Yu., Bakin Igor A., Shilov Sergey V. Rating System for Quality Control of Functional Instant Drinks	144
Kruchinin Alexandr G., Bolshakova Ekaterina I. Hybrid Strategy of Bioinformatics Modeling (<i>in silico</i>): Biologically Active Peptides of Milk Protein	46	Pogorelov Alexander G., Panait Artem I., Kuznetsov Alexander L., Molchanova Elena N., Suvorov Oleg A., Ipatova Larisa G. Effect of Electrochemically Activated Water on the Quality Indicators of Dough and Wheat Flour Products	156
Popov Anatoliy M., Plotnikov Konstantin B., Ivanov Pavel P., Plotnikov Igor B., Popov Dmitry M., Plotnikova Irina O. Effect of Vibration on the Porosity and Strength of Instant Drink Granules	58	Burak Leonid Ch., Zavaley Andrey P. Elderberry (<i>Sambucus nigra</i> L.) Beer with Antioxidant Properties	168
Gornikov Nikolaj V., Mayurnikova Larisa A., Novoselov Sergey V., Krapiva Tatyana V., Koksharov Arkadiy A. Innovative Environment in Public Catering	70	Shemchuk Maria A., Shadrin Vladislav G., Komarcheva Oksana S., Konovalova Olga V. Digital Marketing Communications in the Sports Nutrition Market	178
Chaplygina Olga S., Prosekov Alexander Yu., Vesnina Anna D. Determining the Residual Amount of Amphenicol Antibiotics in Milk and Dairy Products	79	Khudyakov Dmitry A., Sosnin Maxim D., Munassar Emad M. A., Techakanon Chukwan, Siemer Claudia, Toepfl Stefan, Shorstkii Ivan A. Pulsed Electric Field Processing as an Effective Tomato Peeling Method	189
Slavyanskiy Anatoliy A., Mitroshina Daria P., Gribova Vera A., Karamzin Anatoly V. Fractionation of Bulk Food Products	89	Smol'nikova Yana V., Bopp Valentina L., Kolomeitsev Alexander V., Stutko Oksana V., Khanipova Vera A., Broshko Dominik V. Aqueous Enzymatic Extraction of Protein Concentrates from <i>Camelina sativa</i> Oil Cake	199
Gurinovich Galina V., Patrakova Irina S., Khrenov Vladislav A. Effect of Dry Maturation Time and the Curing Composition on Proteins in High Quality Beef	98	Retraction Notice	210