

# Техника и технология пищевых производств

## Food Processing: Techniques and Technology

---



Том 50  
Номер 1  
**2020**

ISSN 2074-9414  
E-ISSN 2313-1748

Национальный, рецензируемый научный журнал, посвященный вопросам пищевой промышленности.

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 феде-

рального 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 <http://fptt.ru>.

*Главный редактор:*

**А.Ю. Просков**, 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:*

**С.М. Бычкова**, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Пушкин, Россия;  
**А.Г. Галстян**, Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности, Москва, Россия;

**И.А. Ганиева**, АНО Научно-образовательный центр «Кузбасс», Кемерово, Россия;

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

Материалы публикуются на условиях лицензии CC BY 4.0. Мнение авторов публикуемых материалов не всегда совпадает с мнением редакции.

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 М.В. Горбунова

**Г.М. Гриценко**, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, Новосибирская обл., Россия;

**Н.И. Дунченко**, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия;

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

**А.В. Заушицкая**, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;

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

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

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

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

*Адрес редакции и издателя:* КемГУ, 650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, Красная, 6, тел.: +7 (3842) 58-80-24, e-mail: [fptt98@gmail.com](mailto:fptt98@gmail.com).

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

*Учредитель:* КемГУ, 650000, Россия, Кемеровская обл., г. Кемерово, Красная, 6. © КемГУ, 2019.

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

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

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

**Д. Ачкар**, Университет имени Йосипа Юрая Штротмайера, Осиек, Хорватия;

**Г. Винберг**, Каролинский институт, Стокгольм, Швеция;

**К. Кинер**, Южно-Китайский технологический университет, Гуанчжоу, Китай;

**М. Раби**, Закавказский университет, Шаркия, Египет;

**Х. Сахин**, Университет Гиресун, Гиресун, Турция;

**М. Тиман**, Университет Тун Абдул Разак, Куала Лумпур, Малайзия.

Дата выхода в свет 25.03.20.

Усл. п. л. 21,5, уч.-изд. л. 40,30. 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'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 pro-

duction 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 <http://fptt.ru>.

*Editor-in-Chief*

**Alexander Yu. Proskov**, Кемерово State University, Кемерово, 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, Калининград, Russia.

*Editorial Board Member*

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

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

**Irina A. Ganieva**, Research and Academic Centre "Kuzbass", Кемерово, Russia;

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

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

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

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

**Alexandra V. Zaushintsena**, Кемерово State University, Кемерово, Russia;

**Vladimir G. Lobanov**, Kuban State Technological University, Краснодар, Russia;

**Gazibeg O. Magomedov**, Voronezh State University of Engineering Technology, Воронеж, Russia;

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

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

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

**Vladimir N. Khmelev**, Biysk Technological Institute, Алтай State Technical University, Бийск, Russia;

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

**Đurđica Ačkar**, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Osijek, Croatia;

**Kevin Keener**, South China University of Technology, Guangzhou, China;

**Mohamed Abdel Hamid Rabie**, Zagazig University, Sharkia, Egypt;

**Huseyin Sahin**, Giresun University, Espiye Vocational School, Giresun, Turkey;

**Marco Tieman**, Universiti Tun Abdul Razak, Kuala Lumpur, Malaysia;

**Gösta Winberg**, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden.

Date of issue 25.03.20.

Printed sheet 21,5, conventional printed sheet 40,30. 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.

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, Script Editor A.Yu. Kurnikova, Script Editor (Eng) N.V. Rabkina, Layout of Journal M.V. Gorbunova.

## Разработка рецептуры полифункциональной добавки на основе взаимодействия ее компонентов

И. В. Бобренева<sup>1,\*</sup>, А. А. Баюми<sup>1</sup>, А. В. Токарев<sup>2</sup>



<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»,  
125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11

<sup>2</sup> ООО «ФудСофт»,  
394016, Россия, г. Воронеж, ул. Плехановская, 53

Дата поступления в редакцию: 14.11.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: [dara56@mail.ru](mailto:dara56@mail.ru)



© И. В. Бобренева, А. А. Баюми, А. В. Токарев, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Тигровый орех и киноа произрастают на территории Египта и относятся к новому виду растительных добавок, содержащие значительное количество белка, пищевых волокон и обладающих высокой антиоксидантной активностью. В статье рассматриваются физико-химические и функциональные свойства тигровых орехов (*Cyperus esculentus*) и киноа (*Chenopodium quinoa*), а также их смесей с целью выявления их межфазного взаимодействия.

**Объекты и методы исследования.** На первом этапе изучали такие показатели, как оптическая плотность, показатель преломления, электропроводность, растворимость, рН и эффективная вязкость. Анализ был проведен на растворах растительных добавок и их смесей с целью оценки взаимосвязи и влияния каждого ингредиента на другой. На втором этапе использовали растительные добавки в сухом виде и исследовали влияние смесей добавок на качественные характеристики мясных модельных систем.

**Результаты и их обсуждение.** Выявлено, что исследуемые добавки являются синергистами. На основании изучения коллоидно-химических свойств добавок и их смесей с помощью специализированного программного комплекса «МультиМит Эксперт» разработана полифункциональная добавка «ТиКи», в которой оптимальное соотношение ингредиентов составляет 1:1. С помощью «МультиМит Эксперт» рассчитана стоимость нового вида полифункциональной добавки «ТиКи», составляющая 200 руб. за 1 кг, и рентабельность ее производства – 28 %. Степень гидратации добавки составляет 1:1. Разработанная полифункциональная добавка содержит 11,38 % пищевых волокон, 14,35 % липидов и 9,37 % белка, минеральные вещества (калий – 636,61 мг/100 г), витамины (С, Е и В) и обладает антиоксидантной активностью, достигающей 20,41 мг/г.

**Выводы.** Использование полифункциональной добавки «ТиКи» в качестве заменителя мясного сырья положительно влияет на такие показатели, как вкус, запах, цвет, аромат, и может применяться как функциональный ингредиент в мясных продуктах. Благодаря антиоксидантной активности исследуемой добавки можно предположить, что она положительно влияет на срок хранения.

**Ключевые слова.** Растительные добавки, тигровые орехи, киноа, мясные модельные образцы, взаимодействие компонентов, антиоксидантная активность

**Для цитирования:** Бобренева, И. В. Разработка рецептуры полифункциональной добавки на основе взаимодействия ее компонентов / И. В. Бобренева, А. А. Баюми, А. В. Токарев // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-1-10>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Formulation of a Multifunctional Plant Additive Based on the Interaction of its Components

I.V. Bobreneva<sup>1,\*</sup>, A.A. Baioumy<sup>1</sup>, A.V. Tokarev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Food Production,  
11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russia

<sup>2</sup> LLC Food Soft,  
53, Plekhanovskaya Str., Voronezh, 394016, Russia

Received: November 14, 2019



## Abstract.

**Introduction.** The research featured the physicochemical and functional properties of tiger nut (*Cyperus esculentus*), quinoa (*Chenopodium quinoa*), and their mixes. The research objective was to study the effects of their interfacial interaction and the qualitative characteristics of meat model systems, as well as general opportunities for their use in meat products.

**Study objects and methods.** The tiger nut is a traditional plant that grows in Egypt. It is often used in beverages and bakery. The quinoa is a cereal product that grows mainly in Peru and Colombia. A set of experiments was conducted to determine such colloidal-chemical parameters as optical density, electrical conductivity, solubility, pH, and effective viscosity. The studied additives proved to be synergists. The research also included the organoleptic characteristics of meat model samples prepared with a mix of tiger nut and quinoa at different ratios as a partial replacement of raw meat. The mix substituted 5% of the meat system. Tiger nut and quinoa used as a substitute for raw meat positively affected such indicators of the finished product as taste, smell, color, and aroma. The obtained data were analyzed with the help of a specialized software package “Multimeat Expert”. The optimal ratio of tiger nut and quinoa in the mix was determined as 1:1.

**Results and discussion.** The mix of tiger nut and quinoa “TiQi” contained 11.38% of dietary fiber, 14.35% of lipids, and 9.37% of protein. In addition, the mix contained a large amount of minerals: potassium – 636.61 mg/100 g, calcium – 68.54 mg/100 g, and vitamins C, E, and B. Its antioxidant activity reached 20.41 mg/g.

**Conclusion.** The obtained mix of tiger nut and quinoa could be used as a functional ingredient in meat products to increase the content of dietary fibers, as well as vitamins and minerals. In addition, “TiQi” demonstrated good antioxidant activity and increased the shelf life of meat products.

**Keywords.** Plant additives, tiger nut, quinoa, meat model samples, interfacial interaction, antioxidant activity

**For citation:** Bobreneva IV, Baioumy AA, Tokarev AV. Formulation of a Multifunctional Plant Additive Based on the Interaction of its Components. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):1–10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-1-10>.

## Введение

Питание – важнейший фактор внешней среды, который определяет правильное развитие, состояние здоровья и трудоспособность человека [1]. В настоящее время потребительская оценка продуктов питания рассматривается как ключ к успешному производству, сбыту и потреблению продуктов питания [2].

Проблема обеспечения населения продовольствием является одной из самых важных в современном мире. В сложившихся условиях при дефиците сырья основными задачами пищевой отрасли является создание новых видов продуктов с повышенной пищевой ценностью и низкой себестоимостью их производства. Это достигается за счет использования нетрадиционных видов сырья и добавок, способных заменить часть сырья в рецептуре [2]. Что касается выбора продуктов питания в целом, то причины покупки и/или потребления продуктов питания разнообразны. При употреблении функциональных продуктов питания выявлено, что на первом месте при их покупке стоит вера потребителя в пользу для здоровья, уверенность в их безопасности, а также хорошие органолептические характеристики [3].

В настоящее время используется большое количество различных видов биологически активных добавок. Однако недостаточное внимание уделяется БАД, получаемым из различных видов растений, произрастающих в странах Африки, Южной Америки и других странах с жарким климатом [4–7].

Все большую актуальность приобретает исследование природы и механизма взаимодействия различных добавок растительного и животного происхождения, используемых в пищевых продуктах. Большое количество пищевых добавок входит в состав функциональных продуктов питания, предназначенных для систематического потребления с целью снижения риска развития заболеваний. Межфазное взаимодействие, возникающее при совместном применении пищевых функциональных добавок, проявление их синергизма или антагонизма и влияние этих процессов на характеристики пищевых систем имеет важное значение при разработке новых видов добавок [8–10].

Различные виды растительных добавок, обладающих антиоксидантной активностью, влияют на сроки хранения мясных продуктов. В последние годы растет использование природных антиоксидантов в продуктах питания [11–13].

В мире большое внимание уделяется пищевым добавкам, полученным из орехов, фруктов, овощей, трав и специй. Их используют для обогащения продуктов питания пищевыми волокнами, микро и макроэлементами, для увеличения срока хранения, улучшения вкусовых характеристик и расширения ассортимента продуктов на мясной, растительной и мясорастительной основах, в том числе различных видов охлажденных и замороженных полуфабрикатов. Одними из таких добавок являются тигровый орех (*Cyperus esculentus*) и киноа (*Chenopodium quinoa*).

Тигровый орех – это сорное растение тропических и средиземноморских регионов. Он является корнеплодом, произрастающим во влажных местах и принадлежит к семейству *Cyperaceae*. Существуют разные типы тигровых орехов высотой от 24 до 55 см [14]. Сладкие миндалевидные клубни тигрового ореха высоко ценятся, так как содержат высокое количество клетчатки, белков и сахаров, богаты олеиновой кислотой и глюкозой, фосфором, калием и витаминами С и Е. В Испании эти клубневые «орехи» используются для производства молочного напитка под названием «Хорхата де чуфа». В настоящее время тигровый орех недостаточно изучен и применение его не велико. Разработка новых продуктов из клубней может повысить интерес к этой культуре. Возможно его использование в качестве добавки, содержащей в своем составе значительное количество пищевых волокон [15].

Киноа (*Chenopodium quinoa*) является зерновым продуктом, традиционно используемым для питания. Оно произрастает в Перу, Боливии, Эквадоре, Аргентине, Чили и Колумбии. В последние годы отмечается его использование в Европе, Северной Америке и Африке. Киноа имеет древнее происхождение. В цивилизации инков одним из трёх основных видов пищи, наравне с кукурузой и картофелем, являлось киноа. Инки называли его «золотым зерном» [16, 17].

Киноа считается священной травой для человека из-за высокого уровня белка и сбалансированного содержания незаменимых аминокислот. Благодаря тому, что киноа обладает высокой биологической и энергетической ценностью, а также отсутствием в своем составе глютена, возможно его использование для детей, пожилых людей, спортсменов, людей с непереносимостью лактозы, женщин с тенденцией к остеопорозу, людей, предрасположенных к таким заболеваниям, как анемия, сахарный диабет, дислипидемия, ожирение [16–20].

Основной задачей исследования была разработка рецептуры полифункциональной добавки, основанной на взаимном влиянии ее компонентов. Для этого были изучены коллоидные и химические характеристики тигровых орехов (*Cyperus esculentus*) и киноа (*Chenopodium quinoa*), а также их смесей с целью анализа их межфазного взаимодействия, разработки на основе полученных данных новой рецептуры полифункциональной добавки с использованием специализированного программного комплекса «МультиМит Эксперт» и изучения возможности ее использования в мясных продуктах.

#### Объекты и методы исследования

Исследование проводилось в Российской Федерации на кафедре технологии и биотехнологии пищевых продуктов животного происхождения Московского государственного университета пищевых производств (МГУПП). При проведении

исследований использовались методики по определению массовой доли влаги, белка, жира, углеводов, пищевых волокон и золы в соответствии с методами, установленными национальными стандартами. Растворимость определялась по ГОСТ 8756.11-2015. Определение величины pH проводилось потенциометрическим методом на pH-метре HANNA HI98103. Определение эффективной вязкости водных растворов производили на ротационном вискозиметре BROOKFIELD DV-II-Pro при температуре +20 °С и скорости вращения шпинделя 0,83 с<sup>-1</sup>. Электропроводность измеряли кондуктометром HI 98303 DiST 3 (EC). Содержание минеральных веществ определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Витамины определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Интегральную антиоксидантную активность (АОА) определяли на приборе «Эксперт-006» кулонометрическим титрованием с использованием электрогенерированных галогенов. Данный метод позволяет оценить общую антиоксидантную активность объекта, а не концентрацию отдельных АО, информация о которых недостаточна, т. к. не учитываются процессы взаимного окисления/восстановления и влияние матрицы исследуемого объекта. Метод кулонометрического титрования считается наиболее эффективным за счет способности брома вступать в реакции радикальные, окислительно-восстановительные, электрофильного замещения и присоединения по кратным связям, охватывая всевозможные антиоксиданты в сырье.

Органолептическую оценку проводили по 5-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 9959-2015. Добавку изготавливали из тигровых орехов, произрастающих в Республике Египет. Для получения однородной структуры добавки её промывали, сортировали и измельчили до мелкодисперсного состояния. Модельные образцы формировали массой по 50 г. Контрольный образец состоял из 100 % измельченной говядины 1 сорта. В опытных образцах мясное сырье заменялось на добавки в различных соотношениях.

#### Результаты и их обсуждение

Для изучения коллоидно-химических свойств тигрового ореха и киноа целесообразно проводить опыты на маленьких концентрациях их растворов, т. к. чем ниже концентрация вещества в растворе, тем сильнее проявляется химическая структура и развернутость молекулы. Ее взаимодействие с другой молекулой более интенсивно, а значит сильнее проявляются коллоидно-химические свойства изучаемых объектов. В связи с этим для исследований в качестве рабочего диапазона были выбраны концентрации растворов тигрового ореха и киноа, а также их смеси (в равном соотношении данных компонентов), составляющие 0,5–10 % с шагом 0,5.

Таблица 1. Определение показателя растворимости (%) растворов тигрового ореха и киноа, а также их смеси

Table 1. Solubility index (%) in the solutions of tiger nut, quinoa, and their mixes

Концентрация вещества в растворе С, %	Растворимость, %		
	Тигрового ореха	Киноа	Смесь тигрового ореха и киноа
0,5 %	35,4 ± 0,1	38,2 ± 0,2	36,7 ± 0,1
1 %	32,6 ± 0,2	35,8 ± 0,1	33,8 ± 0,2
1,5 %	30,2 ± 0,1	33,7 ± 0,3	32,2 ± 0,2
2 %	27,9 ± 0,3	30,8 ± 0,1	28,9 ± 0,1
2,5 %	25,7 ± 0,2	29,4 ± 0,1	27,9 ± 0,2
5 %	23,5 ± 0,1	27,4 ± 0,2	25,5 ± 0,1
10 %	21,4 ± 0,5	26,5 ± 0,1	24,8 ± 0,1

При исследовании коллоидно-химических характеристик добавок была определена растворимость препаратов центрифужным методом (табл. 1).

Экспериментальные данные показали, что тигровый орех и киноа не полностью растворимы в холодной воде при перемешивании без нагрева. При этом киноа имеет больший процент растворимости, чем тигровый орех. В смеси наблюдается незначительное увеличение растворимости. Измерение показателя оптической плотности даст возможность более точно количественно определить растворимость вещества. Зависимость оптической плотности от концентрации растворов приведена в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что оптическая плотность в тигровом орехе значительно выше, чем у киноа. Смесь компонентов обладает оптической плотностью средней между оптической плотностью каждого исходного компонента.

Одним из основных физико-химических показателей, обуславливающих течение технологического

Таблица 2. Определение показателя оптической плотности растворов тигрового ореха и киноа, а также их смеси

Table 2. Optical density index in the solutions of tiger nut, quinoa, and their mixes

Концентрация исследуемого раствора С, %	Оптическая плотность (D)		
	Исследуемый образец		
	Тигрового ореха	Киноа	Смесь тигрового ореха и киноа
0,5 %	0,671 ± 0,001	0,357 ± 0,001	0,492 ± 0,002
1 %	1,199 ± 0,002	0,731 ± 0,004	0,923 ± 0,001
1,5 %	1,538 ± 0,003	1,142 ± 0,003	1,245 ± 0,002
2 %	1,721 ± 0,002	1,426 ± 0,001	1,543 ± 0,001
2,5 %	1,921 ± 0,001	1,620 ± 0,002	1,756 ± 0,003
5 %	2,124 ± 0,001	1,740 ± 0,003	1,942 ± 0,002
10 %	2,221 ± 0,001	1,830 ± 0,002	2,056 ± 0,003

Таблица 3. Определение показателя pH раствора тигрового ореха и киноа, а также их смеси

Table 3. pH in the solutions of tiger nut, quinoa, and their mixes

Концентрация исследуемого раствора С, %	pH раствора		
	Исследуемый образец		
	Тигровый орех	Киноа	Смесь тигрового ореха и киноа
0,5 %	7,22 ± 0,01	7,34 ± 0,02	7,29 ± 0,01
1 %	7,35 ± 0,05	7,41 ± 0,01	7,37 ± 0,02
1,5 %	7,43 ± 0,04	7,53 ± 0,04	7,51 ± 0,01
2 %	7,54 ± 0,02	7,66 ± 0,04	7,58 ± 0,01
2,5 %	7,66 ± 0,01	7,75 ± 0,02	7,71 ± 0,03
5 %	7,84 ± 0,02	7,89 ± 0,02	7,86 ± 0,02
10 %	7,96 ± 0,01	7,98 ± 0,02	7,95 ± 0,03

процесса, является pH. Полученные значения pH представлены в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что увеличение процентного содержания веществ в растворе незначительно влияет на изменение pH самих растворов исследуемых объектов. Растворы киноа в диапазоне концентраций 0,5–10 % имеют более высокое значение pH (> 7), чем растворы тигрового ореха.

Измерение показателя преломления, зависящего от свойств исследуемого вещества, позволит судить о его природе. Данные по измерению показателей преломления растворов тигрового ореха и киноа сведены в таблицу 4.

Показатель преломления растворов различных веществ является константой для каждого вещества и позволяет определить чистоту препарата и наличие примесей. Были исследованы показатели преломления водных растворов с различной концентрацией. Установлено, что показатель преломления увеличивается с ростом концентрации и для каждого раствора имеет свои константные значения (табл. 4).

Таблица 4. Определение показателя преломления растворов тигрового ореха и киноа, а также их смеси

Table 4. Refractive index in the solutions of tiger nut, quinoa, and their mixes

Концентрация исследуемого раствора С, %	Показатель преломления, n		
	Исследуемый образец		
	Тигрового ореха	Киноа	Смесь тигрового ореха и киноа
0,5 %	1,3341 ± 0,0001	1,3345 ± 0,0002	1,3343 ± 0,0003
1 %	1,3343 ± 0,0002	1,3347 ± 0,0003	1,3344 ± 0,0001
1,5 %	1,3346 ± 0,0002	1,3349 ± 0,0001	1,3348 ± 0,0003
2 %	1,3349 ± 0,0004	1,3353 ± 0,0004	1,3351 ± 0,0002
2,5 %	1,3353 ± 0,0001	1,3357 ± 0,0001	1,3355 ± 0,0001
5 %	1,3366 ± 0,0002	1,3368 ± 0,0002	1,3366 ± 0,0002
10 %	1,3373 ± 0,0003	1,3377 ± 0,0001	1,3375 ± 0,0001

Таблица 5. Определение эффективной вязкости, мПа·с растворов тигрового ореха и киноа, а также их смеси

Table 5. Effective viscosity, mPa·s in the solutions of tiger nut, quinoa, and their mixes

Концентрация исследуемого раствора С, %	Вязкость, мПа·с		
	Исследуемый образец		
	Тигровый орех	Киноа	Смесь тигрового ореха и киноа
0,5 %	0,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1	1,1 ± 0,1
1 %	3,6 ± 0,1	1,8 ± 0,2	2,6 ± 0,1
1,5 %	4,2 ± 0,2	7,8 ± 0,1	6,2 ± 0,2
2 %	3,0 ± 0,1	14,6 ± 0,1	8,8 ± 0,2
2,5 %	7,8 ± 0,2	15,6 ± 0,2	11,7 ± 0,1
5 %	12,7 ± 0,2	26,5 ± 0,3	19,5 ± 0,3
10 %	19,7 ± 0,3	36,5 ± 0,4	27,9 ± 0,3

Данные по эффективной вязкости и электропроводности водных растворов приведены в таблицах 5 и 6.

Кондуктометр предназначен для измерения проводимости растворов. Применяется для контрольных измерений питьевой воды и сточных вод в лабораторных исследованиях в некоторых отраслях промышленности и сельского хозяйства. Для определения количества введения в мясные продукты разработанной комплексной пищевой добавки на модельных образцах были исследованы следующие показатели: рН, водосвязывающая способность (ВСС) и органолептические показатели. При проведении исследований контролем служил говяжий фарш, опытом – модельный образец из говяжьего фарша с заменой мясного сырья на добавку.

Ставилась задача выбора процентного соотношения исследуемых добавок при разработке комплексной добавки. Для этого в опытных образцах заменяли 5 % мясного сырья на исследуемые добавки в различных их соотношениях в диапазоне от 10 до 90 % с шагом 10. Из приготовленного фарша формировали опытные модельные образцы котлет массой 50 ± 0,3 г. Модельные образцы исследовали до и после термообработки (жарки). По стандартным методикам до термической обработки определяли такие показатели, как рН и водосвязывающую способность, а также органолептические показатели. Данные представлены в таблице 7.

Определение органолептических показателей при различных соотношениях исследуемых добавок приведены в таблице 8.

Результаты полученных данных были обработаны с помощью автоматизированной экспертной системы управления технологическим процессом производства мясных и рыбных изделий заданного качества – программный комплекс (ПК) «МультиМит Эксперт» (рис. 1). Он позволяет одновременно решать широкий спектр технологических и учётных

Таблица 6. Определение показателя электропроводность раствора тигрового ореха и киноа, а также их смеси

Table 6. Electrical conductivity in the solutions of tiger nut, quinoa, and their mixes

Концентрация исследуемого раствора С, %	Электропроводность, мк См/см		
	Исследуемый образец		
	Тигровый орех	Киноа	Смесь тигрового ореха и киноа
0,5 %	492 ± 2	548 ± 2	523 ± 5
1 %	555 ± 5	599 ± 3	584 ± 4
1,5 %	592 ± 4	761 ± 3	643 ± 3
2 %	668 ± 2	812 ± 6	756 ± 1
2,5 %	747 ± 3	872 ± 5	813 ± 6
5 %	860 ± 6	960 ± 4	923 ± 7
10 %	912 ± 4	1084 ± 7	1012 ± 6

задач на предприятиях мясной и рыбной промышленности. Экспертная система, реализованная в ПК «МультиМит Эксперт», анализирует качество рецептуры продукта, выявляет технологические проблемы и предлагает технологю пути их решения. При анализе учитывается множество факторов, в частности физико-химические и функционально-технологические свойства сырья и ингредиентов. Математический аппарат программного модуля «Оптимизация и моделирование рецептур» ПК «МультиМит Эксперт» обеспечивает высокую эффективность процесса моделирования и гарантирует получение оптимального ингредиентного состава рецептур мясных и рыбных изделий. Из имеющегося в наличии сырья система обеспечивает получение такой рецептуры продукта, в которой,

Таблица 7. Определение рН и ВСС при различных соотношениях исследуемых добавок

Table 7. pH and water binding capacity at various ratios of the additives

Соотношение тигрового ореха: киноа, %		ВСС, % к общей влаге	рН
Контрольный образец			
Мясное сырье 100 %		67,45 ± 0,03	6,15 ± 0,01
Опытные образцы			
Тигрового ореха, %	Киноа, %		
100	0	75,82 ± 0,03	6,43 ± 0,01
90	10	76,25 ± 0,01	6,35 ± 0,03
80	20	76,44 ± 0,02	6,31 ± 0,01
70	30	77,23 ± 0,01	6,22 ± 0,02
60	40	77,45 ± 0,02	6,16 ± 0,03
50	50	77,83 ± 0,04	6,11 ± 0,03
40	60	77,64 ± 0,02	6,03 ± 0,01
30	70	77,21 ± 0,03	6,09 ± 0,03
20	80	76,33 ± 0,01	6,07 ± 0,04
10	90	76,12 ± 0,01	6,01 ± 0,02
0	100	76,02 ± 0,01	6,04 ± 0,01

Таблица 8. Определение органолептических показателей при использовании различных соотношений исследуемых добавок

Table 8. Organoleptic indicators at different ratios of the additives

Соотношение тигрового ореха:киноа, %		Внешний вид	Цвет	Аромат	Консистенция	Вкус	Среднее значение
Баллы							
Контрольный образец		4,50 ± 0,15	4,50 ± 0,12	4,0 ± 0,15	4,75 ± 0,11	4,25 ± 0,13	4,4
Опытный образцы							
Тигрового ореха, %	Киноа, %	Баллы					
100	0	4,50 ± 0,11	4,50 ± 0,08	4,25 ± 0,14	4,75 ± 0,12	4,50 ± 0,12	4,5
90	10	4,50 ± 0,10	4,25 ± 0,06	4,50 ± 0,12	4,50 ± 0,10	4,50 ± 0,13	4,45
80	20	4,50 ± 0,12	4,25 ± 0,07	4,50 ± 0,11	4,75 ± 0,12	4,50 ± 0,14	4,5
70	30	4,50 ± 0,11	4,25 ± 0,06	4,50 ± 0,12	4,75 ± 0,11	4,50 ± 0,11	4,5
60	40	4,50 ± 0,14	4,5 ± 0,09	4,25 ± 0,13	4,75 ± 0,14	4,75 ± 0,12	4,55
50	50	4,75 ± 0,10	4,75 ± 0,08	4,75 ± 0,12	4,75 ± 0,12	5,0 ± 0,0	4,8
40	60	4,50 ± 0,12	4,50 ± 0,07	4,50 ± 0,13	4,75 ± 0,13	4,75 ± 0,10	4,6
30	70	4,50 ± 0,11	4,50 ± 0,04	4,25 ± 0,15	4,75 ± 0,10	4,75 ± 0,12	4,55
20	80	4,50 ± 0,13	4,50 ± 0,06	4,50 ± 0,11	4,75 ± 0,12	4,50 ± 0,11	4,55
10	90	4,50 ± 0,10	4,50 ± 0,09	4,50 ± 0,10	4,75 ± 0,14	4,50 ± 0,12	4,55
0	100	4,50 ± 0,15	4,50 ± 0,13	4,50 ± 0,11	4,50 ± 0,0	4,75 ± 0,13	4,55

с одной стороны, его качество соответствует предъявляемым к нему требованиям, а с другой стороны – минимизируется его цена.

Применение ПК «МультиМит Эксперт» на мясоперерабатывающих предприятиях позволяет автоматизировать процесс производства мясopодуkтов: от убоя скота до выпуска и реализации готовой продукции, существенно сокращает

временные и финансовые затраты предприятия, предоставляет широкие возможности анализа его деятельности, дает возможность не только оптимизировать процесс планирования и управления, но и снизить себестоимость производимых продуктов, а также уменьшить издержки на разработку нового ассортимента продукции.

The screenshot displays the 'МультиМит Эксперт' software interface. The top window shows the recipe optimization process for 'Добавка (Тигровый орех+Киноа) №61 от 26.05.2019'. It includes a table of ingredients with columns for 'Наименование', 'Цена 1 кг., руб.', 'Кол-во, кг' (split into 'контроль' and 'опыт'), 'На 100 кг', 'В 100%' (split into 'контроль' and 'опыт'), 'Мин., %', 'Макс., %', 'Вкус, Баллы', 'Консистенция, Баллы', 'Аромат, Баллы', and 'Це'. The ingredients listed are 'Тигровый орех' and 'Киноа'. Below this, a summary table shows 'Всего (ингредиентов 2):' with total values for quantity and cost. The bottom window shows 'Нормативные и фактические требования к показателям качества готового продукта', with columns for 'Наименование', 'Ед. изм.', 'В готовом продукте' (split into 'факт. значение' and 'Отклонение от требований, %'), and 'Требования к мин. содержанию' and 'Требования к макс. содержанию' (each split into 'Фактическое', 'Нормативное', and 'Отклонение, %'). The table lists various quality indicators like 'Вкус', 'Консистенция', 'Аромат', 'Цвет', 'Внешний вид', 'Козфф. гидр./водауд.', 'рН', 'Оптическая плотность', 'Показатель преломления', 'Растворимость', 'Вязкость', 'Поверхностное натяжение', 'Электропроводность', and 'Пищевые волокна'.

Рисунок 1. Рецептура и характеристика полифункциональной добавки, полученная с помощью программного комплекса «МультиМит Эксперт»

Figure 1. Formulation and characteristics of the multifunctional additives obtained using the “MultiMit Expert” software package



Таблица 9. Качественные характеристики полифункциональной добавки «ТиКи»

Table 9. Qualitative characteristics of the "TiQi" multifunctional additive

Химический состав	
Исследуемые показатели, массовая доля	Содержание, %
Влаги	10,35 ± 0,17
Золы	2,47 ± 0,14
Белка	9,37 ± 0,13
Жира	14,35 ± 0,11
Углеводов	52,08
В том числе, пищевых волокон	11,38 ± 0,14
Содержание минеральных веществ	
Минеральные вещества	Содержание мг/100 г
Na	8,52 ± 0,07
K	636,61 ± 0,03
Mg	143,72 ± 0,08
P	245,67 ± 0,02
Fe	2,68 ± 0,01
Zn	1,55 ± 0,02
Cu	0,47 ± 0,01
Ca	68,54 ± 0,04
Содержание витаминов	
Витамины	Содержание мг/100 г
Витамин С	11,0 ± 0,02
α-токоферол (Е)	3,82 ± 0,02
Тиамин (В <sub>1</sub> )	0,23 ± 0,01
Рибофлавин (В <sub>2</sub> )	0,25 ± 0,02
Ниацин (В <sub>3</sub> )	0,76 ± 0,03
Пиридоксин (В <sub>6</sub> )	0,51 ± 0,01
Антиоксидантная активность, мг на 1 г	
(АОА)	20,41 ± 0,14
Степень гидратации	
Степень гидратации	1:1

С помощью ПК «МультиМит Эксперт» было рассчитано процентное соотношение исследуемых добавок, которое составило 50:50. Стоимость добавки составила 200 рублей за 1 кг. Рентабельность добавки составила 28,1 %. Также по полученным данным выявлено, что добавки являются синергистами. Разработанная полифункциональная добавка получила название «ТиКи».

Было исследовано влияние способа введения добавки на качественные характеристики мясных модельных систем. Для этого была определена степень гидратации разработанной добавки. Качественные характеристики исследуемой расти-

тельной добавки приведены в таблице 9.

Из проведенных исследований выявлено, что разработанная добавка содержит 9,37 % белка, 11,38 % пищевых волокон, 14,35 % жира, а также большое количество минеральных веществ и витаминов (витамины группы В, витамин Е и С). Показатель антиоксидантной активности составляет 20,41 мг на 1 г. Степень гидратации 1:1.

### Выводы

По результатам проведенных исследований можно сказать, что разработанная полифункциональная добавка «ТиКи» может быть использована в качестве функционального ингредиента в мясных продуктах для повышения содержания пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Кроме того, разработанная добавка «ТиКи» обладают хорошей антиоксидантной активностью, что способствуют увеличению срока хранения мясных продуктов.

Добавка «ТиКи» состоит из смеси тигрового ореха и киноа, имеет кремовый цвет, отсутствие запаха и используется в виде порошка, состоящего из мелкоизмельченных частиц.

Рекомендации по использованию нового вида добавки «ТиКи» в мясной промышленности: добавка вносится в мясные продукты в качестве замены мясного сырья и животных жиров; рекомендуемая гидратация добавки 1:1; после гидратации необходима выдержка в течение 10–20 минут.

### Критерии авторства

И. В. Бобренева руководила работой – 45 %. А. А. Баюми проводил экспериментальные исследования – 50 %. А. В. Токарев проводил математическую обработку данных – 5 %.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution

I.V. Bobreneva supervised the research (45%). A.A. Baioumy conducted the experimental research (50%). A.V. Tokarev processed the mathematical data (5%).

### Conflict of interest

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

### Список литературы

1. Матвеева, Т. В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография / Т. В. Матвеева, С. Я. Корячкина. – Орел : ФГОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», 2011. – 342 с.

2. Nystrand, B. T. Consumers' attitudes and intentions toward consuming functional foods in Norway / B. T. Nystrand, O. O. Svein // Food Quality and Preference. – 2020. – Vol. 80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103827>.
3. Hung, Y. Consumer attitude and purchase intention towards processed meat products with natural compounds and a reduced level of nitrite / Y. Hung, T. M. de Kok, V. Wim // Meat science. – 2016. – Vol. 121. – P. 119–126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.002>.
4. Смирнов, С. О. Разработка рецептуры и технологии получения биологически активной добавки к пище с использованием природных компонентов / С. О. Смирнов, О. Ф. Фазуллина // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-105-114>.
5. Новиков, В. С. Функциональное питание человека при экстремальных воздействиях / В. С. Новиков, В. Н. Каркищенко, Е. Б. Шустов. – СПб. : Политехника-принт, 2017. – 346 с.
6. Pharmacological effects of active components of Chinese herbal medicine in the treatment of Alzheimer's disease: A review / Z. Y. Wang, J. G. Liu, H. Li [et al.] // American Journal of Chinese Medicine. – 2016. – Vol. 44, № 8. – P. 1525–1541. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0192415X16500853>.
7. Hygreeva, D. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products / D. Hygreeva, M. C. Pandey, K. Radhakrishna // Meat Science. – 2014. – Vol. 98, № 1. – P. 47–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.006>.
8. Харитонов, Д. В. Разработка концепции создания синбиотиков и синбиотических молочных продуктов / Д. В. Харитонов, И. В. Харитонova, А. Ю. Просеков // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 31, № 4. – С. 91–94.
9. Разработка интегрированной системы управления на пищевом предприятии / Е. С. Вайскрובה, Н. И. Барышникова, И. Ю. Резниченко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 132–142. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-132-142>.
10. Зерновые композиты с комплементарным аминокислотным составом для пищевых и кормовых целей / В. В. Колпакова, Р. В. Уланова, Д. С. Куликов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 301–311. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-301-311>.
11. Гуринович, Г. В. Исследование процессов окисления комбинированных мясных систем с мясом птицы и льняной мукой / Г. В. Гуринович, П. В. Санников, И. С. Патракова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 41–49. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-41-49>.
12. Development of a functional basis of phyto-beverages with an increased antioxidant activity for the correction of nutrition of patients with diabetes mellitus / L. A. Mayurnikova, S. F. Zinchuk, N. I. Davydenko [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5, № 2. – P. 178–188. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-178-188>.
13. Жбанова, Е. В. Плоды малины *Rubus idaeus* L. как источник функциональных ингредиентов (обзор) / Е. В. Жбанова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 5–14. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-5-14>.
14. Бобренева, И. В. Возможность использования тигровых орехов в мясных продуктах / И. В. Бобренева, А. А. Баюми // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 2. – С. 185–192. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-185-192>.
15. Sánchez-Zapata, E. Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: health aspects, composition, properties, and food applications / E. Sánchez-Zapata, J. Fernández-Lópezand, J. Angel Pérez-Alvarez // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2012. – Vol. 11, № 4. – P. 366–377. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00190.x>.
16. Sezgin, A. C. A new generation plant for the conventional cuisine: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) / A. C. Sezgin, N. Sanlier // Trends in Food Science and Technology. – 2019. – Vol. 86. – P. 51–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.039>.
17. Nowak, V. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) / V. Nowak, J. Du, U. R. Charrondière // Food chemistry. – 2016. – Vol. 193. – P. 47–54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>.
18. Vilcacundo, R. Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) / R. Vilcacundo, B. Hernández-Ledesma // Current Opinion in Food Science. – 2017. – Vol. 14. – P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>.
19. Nutritional, physicochemical, and sensorial evaluation of flat bread supplemented with quinoa flour / S. A. El-Sohaimy, M. G. Shehata, T. Mehany [et al.] // International Journal of Food Science. – 2019. – Vol. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4686727>.
20. Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features / A. Lorusso, M. Verni, M. Montemurro [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 78. – P. 215–221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.046>.

## References


1. Matveeva TV, Koryachkina SYa. Muchnye konditerskie izdeliya funktsional'nogo naznacheniya. Nauchnye osnovy, tekhnologii, retseptury: monografiya [Functional pastry. Scientific foundations, technologies, formulations: monograph]. Orel: Gosudarstvennyy universitet – uchebno-nauchno-proizvodstvennyy kompleks; 2011. 342 p. (In Russ.).

2. Nystrand BT, Svein OO. Consumers' attitudes and intentions toward consuming functional foods in Norway. *Food Quality and Preference*. 2020;80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103827>.
3. Hung Y, de Kok TM, Wim V. Consumer attitude and purchase intention towards processed meat products with natural compounds and a reduced level of nitrite. *Meat science*. 2016;121:119–126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.002>.
4. Smirnov SO, Fazullina OF. Formula and technology development for obtaining biologically active natural food additives. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(3):105–114. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-105-114>.
5. Novikov VS, Karkishchenko VN, Shustov EB. Функциональное питание человека при экстремальных условиях [Functional nutrition of a person under extreme conditions]. St. Petersburg: Politehnika-print; 2017. 346 p. (In Russ.).
6. Wang ZY, Liu JG, Li H, Yang H-M. Pharmacological effects of active components of Chinese herbal medicine in the treatment of Alzheimer's disease: A review. *American Journal of Chinese Medicine*. 2016;44(8):1525–1541. DOI: <https://doi.org/10.1142/S0192415X16500853>.
7. Hygreeva D, Pandey MC, Radhakrishna K. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Science*. 2014;98(1):47–57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.006>.
8. Kharitonov DV, Kharitonova IV, Prosekov AYU. The concept of synbiotics and synbiotic dairy products development. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2013;31(4):91–94. (In Russ.).
9. Vayskrobova ES, Baryshnikova NI, Reznichenko IYu, Pokramovich LE. Development of the integrated management system in food production company. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(1):132–142. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-132-142>.
10. Kolpakova VV, Ulanova RV, Kulikov DS, Gulakova VA, Kadieva AT. Grain composites with a complementary amino acid composition in food and fodder. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):301–311. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-301-311>.
11. Gurinovich GV, Sannikov PV, Patrakova IS. Oxidation Processes of Combined Meat Systems with Poultry Meat and Flaxseed Flour. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(3):41–49. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-41-49>.
12. Mayurnikova LA, Zinchuk SF, Davydenko NI, Gilmulina SA. Development of a functional basis of phyto-beverages with an increased antioxidant activity for the correction of nutrition of patients with diabetes mellitus. *Foods and Raw Materials*. 2017;5(2):178–188. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2017-2-178-188>.
13. Zhanova EV. Fruit of raspberry *Rubus Idaeus* L. as a source of functional ingredients (review). *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(1):5–14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-5-14>.
14. Bobreneva IV, Baioumy AA. Tiger nut in meat products. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):185–192. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-2-185-192>.
15. Sánchez-Zapata E, Fernández-López J, Angel Pérez-Alvarez J. Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: health aspects, composition, properties, and food applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2012;11(4):366–377. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2012.00190.x>.
16. Sezgin AC, Sanlier N. A new generation plant for the conventional cuisine: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Trends in Food Science and Technology*. 2019;86:51–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.039>.
17. Nowak V, Du J, Charrondièr UR. Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food chemistry*. 2016;193:47–54. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.111>.
18. Vilcacundo R, Hernández-Ledesma B. Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*. 2017;14:1–6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>.
19. El-Sohaimy SA, Shehata MG, Mehany T, Zeitoun MA. Nutritional, physicochemical, and sensorial evaluation of flat bread supplemented with quinoa flour. *International Journal of Food Science*. 2019;2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4686727>.
20. Lorusso A, Verni M, Montemurro M, Coda R, Gobetti M, Rizzello CG. Use of fermented quinoa flour for pasta making and evaluation of the technological and nutritional features. *LWT – Food Science and Technology*. 2017;78:215–221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.046>.

#### Сведения об авторах

##### Бобренева Ирина Владимировна


д-р. техн. наук, профессор кафедры технологии и биотехнологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, тел.: +7 (499) 750-01-11, e-mail: [dara56@mail.ru](mailto:dara56@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-3760>


#### Information about the authors

##### Irina V. Bobreneva


Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology and Biotechnology of Food of Animal Origin, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russia, phone: +7 (499) 750-01-11, e-mail: [dara56@mail.ru](mailto:dara56@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-2335-3760>


**Баюми Ахмед Адель**

аспирант кафедры технологии и биотехнологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, тел.: +7 (925) 359-04-88, e-mail: ahmedadel35@yahoo.com  
 <https://orcid.org/0000-0002-2909-603X>


**Токарев Алексей Викторович**

канд. техн. наук, технический директор, ООО «ФудСофт», 394016, Россия, г. Воронеж, ул. Плехановская, 53, тел.: +7 (915) 546-33-15, e-mail: multimeat@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-0226-5921>

**Ahmed A. Baioumy**

Postgraduate Student of the Department of Technology and Biotechnology of Food of Animal Origin, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125080, Russia, phone: +7 (925) 359-04-88, e-mail: ahmedadel35@yahoo.com  
 <https://orcid.org/0000-0002-2909-603X>

**Alexey V. Tokarev**

Cand.Sci.(Eng.), Technical Director, LLC Food Soft, 53, Plekhanovskaya Str., Voronezh, 394016, Russia, phone: +7 (915) 546-33-15, e-mail: multimeat@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-0226-5921>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-11-20>  
УДК 637.338.4

Оригинальная статья  
<http://fptt.ru/>

## Использование ягодного сырья в технологии мягкого сыра функционального назначения

А. В. Борисова<sup>ORCID</sup>, А. А. Рузянова\*<sup>ORCID</sup>, А. М. Тяглова, К. В. Поликарпова



Дата поступления в редакцию: 29.10.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,  
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

\*e-mail: [ruzanova96@mail.ru](mailto:ruzanova96@mail.ru)



© А. В. Борисова, А. А. Рузянова, А. М. Тяглова, К. В. Поликарпова, 2020

### Аннотация.

**Введение.** В настоящее время актуальной является проблема правильного питания, а именно создание функциональных продуктов питания. В состав таких продуктов должны входить функциональные ингредиенты, играющие определенную роль в живых организмах. В данной работе рассматривается возможность создания функционального мягкого сыра с добавлением высушенных образцов облепихи, шиповника и черноплодной рябины, являющихся источником витамина С.

**Объекты и методы исследования.** Объектами физико-химических исследований являлись различные виды ягод (облепиха, шиповник, черноплодная рябина), сыворотка, получаемая на разных этапах производства сыра, а также сыр, в состав которого входит ягодное сырье. Для ягод определялись следующие показатели качества: кислотность, содержание сухих веществ, влаги, пищевых волокон и витамина С. Для измерения кислотности сыворотки использовался рН-метр. Был проанализирован рынок сыра в России путем опроса потенциальных клиентов.

**Результаты и их обсуждение.** Были получены четыре образца сыра, содержащие сырье, которое является источником витамина С. Оптимальным способом внесения ягод является их введение в порошкообразном виде на этапе вымешивания сырного зерна. Это позволяет поддерживать кислотность сыворотки на необходимом уровне за счет чего полученные изделия имеют высокое качество. Для каждого образца сыра была проведена оценка органолептических показателей качества.

**Выводы.** Наиболее высокую оценку получил образец сыра, изготовленный с добавлением облепихи. Суммарно он был оценен в 22,3 из 25 баллов. Таким образом, использование порошкообразных ягод облепихи, шиповника и рябины позволяет получить качественный функциональный мягкий сыр.

**Ключевые слова.** Функциональные продукты питания, сыр, витамин С, флавоноиды, кислотность, облепиха, черноплодная рябина, шиповник, органолептические свойства

**Для цитирования:** Использование ягодного сырья в технологии мягкого сыра функционального назначения / А. В. Борисова, А. А. Рузянова, А. М. Тяглова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 11–20. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-11-20>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Berry Raw Materials in Functional Soft Cheese Production

A.V. Borisova<sup>ORCID</sup>, A.A. Ruzyanova\*<sup>ORCID</sup>, A.M. Tyaglova, K.V. Polikarpova

Received: October 29, 2019  
Accepted: March 03, 2020

Samara State Technical University,  
244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443100, Russia

\*e-mail: [ruzanova96@mail.ru](mailto:ruzanova96@mail.ru)



© A.V. Borisova, A.A. Ruzyanova, A.M. Tyaglova, K.V. Polikarpova, 2020

### Abstract.

**Introduction.** Healthy diet has been in the focus of scientific attention for many years. This issue is closely connected with the production of functional foods. Functional food products contain functional ingredients that are beneficial to living systems. The present research features functional soft cheese based on dried berries that are rich in vitamin C, which possesses antioxidant activity, reduces the risk of blood clots, and improves the immune system.

**Study objects and methods.** An online survey was conducted to study the Russian cheese market. The experiments featured samples of

sea-buckthorn, aronia, and rosehip berries and samples of milk whey obtained at different stages of cheese production. The samples of the berries were analysed for physical and chemical properties, i.e. acidity, contents of dry substances, moisture, food fibers, vitamin C content, etc. Acidity of milk whey was evaluated in pH.

**Results and discussion.** The market analysis revealed that Russian cheese market needs to be expanded. Potential customers would agree to purchase cheese with various berry additives. Almost 30% of respondents claimed that they would like to buy cheese with sea-buckthorn berries. We produced four samples of cheese with raw material that was rich in vitamin C. A panel of six potential customers evaluated the samples for sensory properties using a five-point scale, i.e. color, taste, aroma, consistency, and shape. The sea-buckthorn cheese received the highest score: 22.3 points out of 25.

**Conclusion.** Powdered sea-buckthorn, aronia, and rosehip berries could be used to produce quality functional soft cheese. The research helped to define the optimal way of introducing berry additives into cheese products. Powdered berries were introduced while mixing curd, which helped to maintain whey acidity at the required level and improve the quality of the final product. When the powdered berries were introduced into the milk before the enzyme, the consistency of the obtained cheese was unsatisfying: it broke down into curds, and its viscosity was low.

**Keywords.** Functional food products, cheese, vitamin C, flavonoids, acidity, sea-buckthorn, aronia, rosehip, cheese organoleptic properties

**For citation:** Borisova AV, Ruzyanova AA, Tyaglova AM, Polikarpova KV. Berry Raw Materials in Functional Soft Cheese Production. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):11–20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-11-20>.

## Введение

В настоящее время создание функциональных продуктов питания является актуальной темой для исследований. Современный уровень знаний и технологических навыков позволяет регулировать процесс создания пищевых продуктов таким образом, чтобы они были максимально полезны для человека и поддерживали его долголетие. Не менее важную роль играет и то, что процесс пищеварения уже давно является хорошо изученным. Благодаря работам анатомов, медиков и физиологов, проведенным в XIX–XX веках, сложилось определенное представление о том, каким должен быть сбалансированный рацион питания человека.

К функциональным продуктам питания относят пищевые продукты, в состав которых входит один или несколько функциональных ингредиентов. Согласно ГОСТ 52349-2005 различают следующие группы функциональных ингредиентов: пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, жиры и вещества, сопутствующие жирам, полисахариды, вторичные растительные соединения, про-, пре- и синбиотики.

В зависимости от результатов физико-химического анализа ягодного сырья в данном исследовании планируется создание функционального сыра, обогащенного пищевыми волокнами, витамином С или флавоноидами. В организме человека эти соединения играют важную биологическую функцию. К пищевым волокнам относят целлюлозу, гемицеллюлозу, лигнин, пектин, альгинаты, резистентный крахмал и др. Проходя через желудочно-кишечный тракт человека, пищевые волокна выводят из него холестерин, радиоизотопы, токсичные вещества, тяжелые металлы. Кроме того, они интенсивно абсорбируют воду за счет чего создают у человека чувство сытости. Витамин С относится к антиоксидантам. Он отвечает

за повышение иммунитета, снижение уровня холестерина и уменьшение тромбообразования. Флавоноиды в организме человека играют ряд функций. Они снижают проницаемость кровяных капилляров человека, обладают антиоксидантной активностью, желчегонными, гепатопротекторными и диуретическими свойствами, противодействуют образованию опухолей, развитию спазмов и размножению вирусов в организме человека.

Разнообразие функциональных ингредиентов открывает широкие возможности для научных исследований в сфере создания функциональных продуктов питания. К одним из наиболее полезных пищевых продуктов относятся изделия, изготовленные на основе молока, а именно сыр. Значительный интерес представляет создание функциональных видов сыра.

Рассмотрим существующие работы, опубликованные в российских и международных журналах.

А. С. Моуниан и др. исследовали свойства сыра моцарелла, в состав которого входит химозин. В данной работе использовался бычий и верблюжий химозин. Был произведен сыр моцарелла с низким содержанием влаги. По результатам проведенных анализов было выяснено, что сыр, в состав которого входит верблюжий химозин, имеет больший срок годности. Это объясняется тем, что включение данного компонента в состав сыра позволяет замедлить протеолитические процессы, происходящие в сыре при хранении. Кроме того, был проведен анализ образцов сыра на пригодность для производства пиццы. Было выяснено, что сыр, в состав которого входит верблюжий химозин, при плавлении дает более тягучие и толстые нити, т. е. лучше подходит для производства пиццы [1].

С. Салежа и др. предлагают технологию создания зерненного творога с использованием экстракта ромашки и фенхеля. В данной работе

экстракты были получены несколькими разными способами. Использовались растения *Foeniculum vulgare* и *Matricaria chamomilla*. Были получены отвары растений, а также водные экстракты. Последние вводились в микрокапсулированном виде в состав альгината на одном из этапов производства зерненного творога. Альгинат является природным полимером, получаемым из бактерий и водорослей. Он повсеместно применяется для микрокапсулирования различного сырья, в том числе в пищевой промышленности. Было выявлено, что способ, предусматривающий микрокапсулирование функциональных добавок, обеспечивает антиоксидантную активность в течение более продолжительного периода, чем при использовании отваров растений [2].

С. Т. Pasini Deolindo с соавторами описывает введение виноградного сока, кожицы и экстракта семян винограда в рецептуру сыра, что позволяет придать ему функциональные свойства. Добавки, полученные на основе продуктов переработки винограда, обладают антиоксидантными свойствами. Были получены водно-спиртовые экстракты данного сырья, затем экстракты были лиофилизированы. Отмечается, что полученный сыр проявляет свойства ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента, а также содержит фенольные соединения натурального происхождения [3].

В исследовании, выполненном М. Caracho и др., рассматривается базилик в качестве функционального и консервирующего ингредиента. Отмечается, что добавление листьев базилика обеспечивало антиоксидантную активность сыра, снижало его влажность и способствовало сохранению ненасыщенных жирных кислот и белков. Базилик вводился в состав сыра в виде отваров и в обезвоженной форме. Выявлено, что добавление отваров эффективно и позволяет получить сыр высокого качества. В процессе исследования использовалась технология производства сыра Серраде-Эштрела [4].

Функциональные продукты питания могут быть получены не только при введении специальных ингредиентов, но и при изменении технологии производства. Так, М. С. Abeijon Mukdsi с соавторами рассматривает возможность производства сыра на основе козьего молока с применением закваски, содержащий штамм *Lactobacillus fermentum*. Отмечается, что введение данных микроорганизмов в состав закваски позволяет получить сыр, обладающий ферулоилэстеразной активностью. Это было подтверждено путем проведения исследований *in vivo* с использованием мышей. Благодаря наличию этой активности сыр проявляет пробиотические свойства [5].

Ж. Нан с соавторами изучает возможность создания творожного сыра, в состав которого вводятся экстракт

винограда, зеленого чая и порошок обезвоженной клюквы. Выявлено, что при введении данных функциональных ингредиентов сыр обогащается из-за содержания в нем следующих веществ: катехина, галлата эпигаллокатехина, дубильной кислоты, гомованиловой кислоты и гесперетина. Эти соединения проявляют доказанную антиоксидантную активность. На основании полученных удовлетворительных результатов авторы сделали вывод, что используемое растительное сырье можно включать в состав других кисломолочных продуктов [6].

А. Madadlou и др. исследовали возможность производства иранского белого сыра с низким содержанием жира. Отмечается, что снижение массовой доли жира затруднительно, так как во многих случаях приводит к ухудшению реологических и органолептических характеристик готового сыра. Было выявлено, что увеличение концентрации сычужного фермента в два раза позволяет получить сыр с низким содержанием жира, который обладает удовлетворительными реологическими и органолептическими характеристиками. Наблюдаемое явление объясняется увеличением скорости протеолиза белков, входящих в состав сыра [7].

А. Santillo и др. выявили, что можно производить пасту, в состав которой входит фермент ренин. В своем исследовании авторы указали, что различные образцы паст были получены из микроорганизмов *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium longum* и *Bifidobacterium lactis*. В состав данной пасты были инкапсулированы пробиотики, что позволило получить качественный продукт, имеющий функциональные свойства [8].

А. Kommineni и др. выявили, что добавление ксилита в рецептуру плавленого сыра позволяет получить качественный функциональный продукт. Было исследовано несколько образцов сыра, содержащих 0, 2 и 4 % ксилита. Для образцов были определены реологические характеристики: модуль упругости и модуль вязкости. Проведенный анализ позволил заключить, что введение ксилита позволяет получать качественный функциональный плавленый сыр со сниженным содержанием жира [9].

Л. Sadat-Mekmene с соавторами исследовал возможность использования протеолитических ферментов, содержащихся в биомассе *Lactobacillus helveticus*, в производстве сыра Эмменталь. Было выявлено, что некоторые штаммы данных микроорганизмов содержат протеазы, которые оказывают положительное воздействие на структуру сыра и придают ему функциональные свойства. Были исследованы протеолиз, аутолиз и растяжимость экспериментальных сыров Эмменталь, которые измеряли во время созревания [10].

Н. Б. Гаврилова и Е. А. Макарова исследовали возможность производства мягкого функционального сыра. В его состав в качестве источника пищевых

волокон включались гречневые отруби. Была разработана технология предобработки гречневых отрубей, включающая термическую обработку при 190 °С. Было выявлено, что при внесении отрубей в нормализованное молоко они распределяются неравномерно, оседая на дно. Связи с этим был разработан способ иммобилизации гречневых отрубей в смесь биополимеров (желатина и пектина) [11].

Г. М. Свириденко и др. исследовали зависимость безопасности плавящихся сыров от введения в их состав эмульгирующих солей. В производстве плавящихся сыров эмульгаторы играют ключевую роль, т. к. они обеспечивают равномерное распределение в сырной массе частиц жиров и белков. Было выявлено, что при использовании цитрата натрия в качестве эмульгатора возрастает риск развития посторонних микроорганизмов в плавленом сыре. Полифосфаты натрия повышают срок хранения плавящихся сыров за счет снижения интенсивности протекания микробиологических процессов [12].

А. Ю. Рудакова с соавторами в качестве источника пищевых волокон при производстве козьего сыра в исследовании использовал бобовые, а именно нут в двух видах: пророщенном и экструдированном. По результатам проделанной работы было выявлено, что полученный сыр обладает улучшенными реологическими характеристиками, более совершенным составом, повышенной пищевой ценностью. Кроме того, продукт обладает лечебно-профилактической и диетической направленностью за счет внесения наполнителя, содержащего макро- и микроэлементы, витамины. Аминокислотный состав полученного сыра является более оптимальным, чем состав контрольного образца сыра [13].

Л. Э. Глаголева и И. В. Коротких выявили возможность создания функционального творожного продукта, в состав которого входит растительный комплекс из зеленой гречки. Отмечается, что основными компонентами пищевых волокон зеленой гречки являются целлюлоза, некрахмальные полисахариды и лигнаны. Исследованы изменения микрофлоры разработанного творожного продукта в зависимости от рецептурно-компонентного состава в пределах срока хранения [14].

Н. С. Богданова выявила, что при производстве плавленого сырного возможна частичная замена молочного сырья смесью, состоящей из рисовой муки и альбумина. Рисовая мука оказывает структурообразующее действие, а альбумин замещает молочный белок. Были определены оптимальные режимы процесса предварительной обработки смеси рисовой муки и альбумина [15].

О. Н. Мусина и Е. Ф. Отт приводят разработанную рецептуру функциональных продуктов питания – мягкого сыра «Глобозум» и полутвердого сыра «Пладоленс». Функциональность данных изделий

обеспечивается наличием в них пробиотической микрофлоры, в частности бифидобактерий. Согласно проведенным исследованиям содержание бифидобактерий в исследуемых образцах составляет не менее 10<sup>6</sup> КОЕ/г, поэтому данные изделия могут считаться функциональными [16].

Н. Б. Гаврилова и Е. А. Молибога разработали синбиотический компонент, являющийся источником функциональных ингредиентов и используемый при производстве плавленого сыра. Для получения данного компонента исследователи активизировали молочнокислую культуру микроорганизмов путем добавления в питательную среду факторов роста. Разработанный компонент способствует корректировке массовой доли жира в готовом изделии, а также придает ему пребиотические свойства [17].

В проведенной нами работе целью являлась разработка технологии производства мягкого функционального сыра, обогащенного витамином С. Для придания сыру функциональных свойств использовались ягоды шиповника, облепихи и черноплодной рябины в порошкообразном виде. Все три вида растительного сырья являются традиционными для Самарской области. Согласно [18] в облепихе, шиповнике и рябине содержится большое количество витамина С, поэтому данное сырье подходит для обогащения продуктов и создания функциональных изделий.

#### **Объекты и методы исследования**

Чтобы выявить насколько развит рынок сыров в России, был проведен маркетинговый анализ с помощью анкетирования в сети интернет. В анкетировании приняло участие 62 человека. Респондентам были заданы следующие вопросы:

1. Укажите Ваш пол.
2. Оцените удовлетворенность ассортиментом сыра в магазинах по пятибалльной шкале, где 1 – совершенно не удовлетворен(а), 5 – удовлетворен(а) в полной мере.
3. Сыр с какой добавкой вам было бы интересно попробовать?

Следующим этапом работы являлся физико-химический анализ сырья и готовых изделий. Объектами исследования являлись:

- образцы ягод шиповника, облепихи и черноплодной рябины;
- сыворотка, полученная в процессе производства сыра;
- образцы сыра, в состав которого включались ягоды.

Образцы ягод были высушены при 60 °С. Из высушенных ягод были получены порошки с использованием лабораторной мельницы. Для измельченных ягод определены показатели качества. Кислотность была исследована согласно ГОСТ 25555.0-82. Содержание пищевых волокон



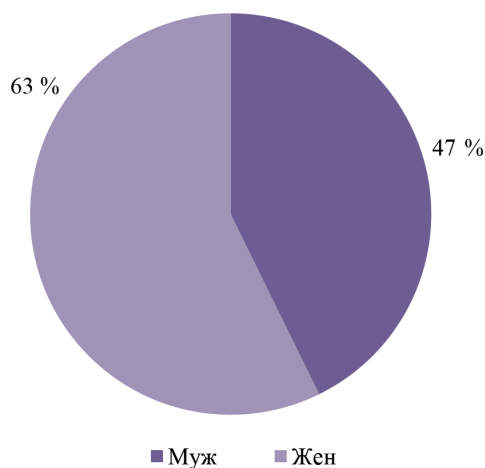


Рисунок 1. Ответы, полученные на вопрос № 1

Figure 1. Answers to question 1

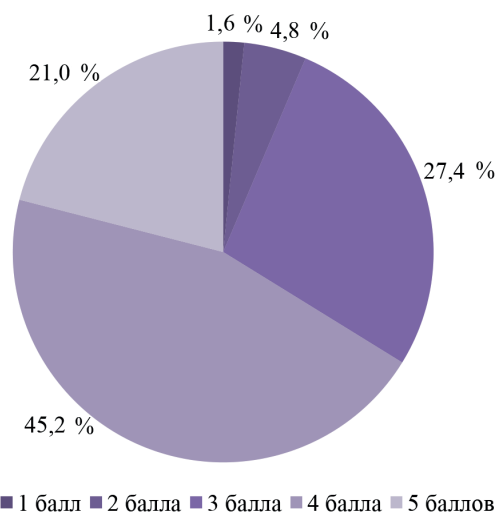


Рисунок 2. Ответы, полученные на вопрос № 2

Figure 2. Answers to question 2

было определено по методике Геннесберга и Штомана, приведенной в [19]. В основе анализа лежала экстракция навески растворами серной кислоты и гидроксида натрия. Полученный осадок был высушен и взвешен. Содержание сухих веществ и влаги было определено по ГОСТ 28561-01. Содержание витамина С было определено титриметрическим методом с визуальным титрованием согласно ГОСТ 24556-89. Общее содержание флавоноидов измеряли, согласно [20], фотоколориметрическим методом по интенсивности протекания реакции с растворами нитрита натрия и хлорида алюминия. Коэффициент пропускания определяли при длине волны 510 нм. Общее содержание флавоноидов определяли по калибровочной кривой и выражали в мг катехина на 100 г исходного сырья.

Сыр был изготовлен по следующей технологии. Молоко коровье жирностью 1,6 % пастеризовали при температуре 70 °С в течение 10 мин. После охлаждения до 34 °С. Во время охлаждения вносили раствор хлорида кальция из расчета 30 г на 100 л молока для восстановления баланса кальция в молоке. После охлаждения вносили в молоко заквасочную культуру, содержащую *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *L. lactis subsp. diacetylactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *B. longum*, *B. adolescentis* с активной кислотностью 5,2 ед. рН в количестве 1 % к объему молока. Молокосвертывающий фермент Rennet вносили при достижении молочной смеси активной кислотности 6,35 ед. рН. Количество вносимого фермента определяли с помощью специального прибора – кружки ВНИИМС по стандартной методике. В данном случае оно составило 0,25 г фермента на 100 л молока. Свертывание молочной смеси проводили при температуре 34 °С в течение 30 мин. После образовавшийся сгусток разрезали лирой до размера 1 см и вымешивали сырное зерно до

упругой консистенции, выдерживающей падение о керамический пол. Посолку сырного зерна производили исходя из условия содержания соли в готовом сыре 1,0 %. Готовое сырное зерно формовали насыпью в полимерные формы и оставляли на самопрессование в течение 2 часов.

Черноплодную рябину в порошкообразном виде вносили на двух этапах производства сыра: в молоко перед добавлением фермента и непосредственно в сырное зерно. Шиповник и облепиху добавляли в сырное зерно. Дозировка порошков была рассчитана исходя из определенного ранее значения содержания витамина С в каждом образце ягод. Значения кислотности сыворотки замеряли в конце вымешивания сырного зерна перед добавлением соли.

### Результаты и их обсуждение

Диаграммы, представляющие ответы на результаты анкетирования, представлены на рисунках 1–3.

На основании данных, полученных при опросе респондентов, можно сделать следующие

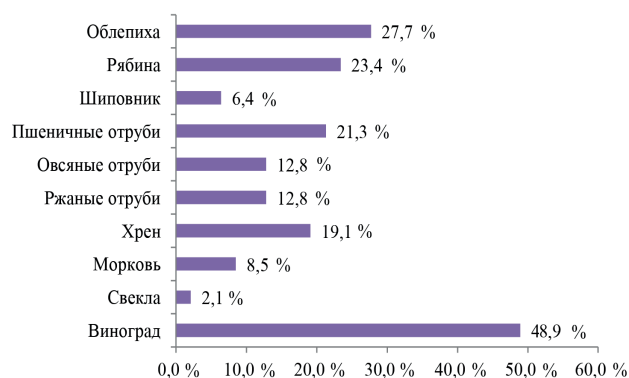


Рисунок 3. Ответы, полученные на вопрос № 3

Figure 3. Answers to question 3

Таблица 1. Химический состав порошкообразных образцов ягод

Table 1. Chemical composition of powdered berry samples

Химический состав	Шиповник	Облепиха	Черноплодная рябина
Сухие вещества, %	86,8	81,0	83,2
в том числе:			
пищевые волокна, %	20,0	3,8	2,8
витамин С, мг	587	871	60
флавоноиды, мг К/100 г ИС	268,1	263,9	363,2
влажность, %	13,2	19,0	16,8
кислотность, °Т	0,600	0,003	0,335

выводы. Только 21 % опрошенных респондентов в полной мере удовлетворены ассортиментом сыра, представленном в российских магазинах. Более 5 % респондентов оценили удовлетворённость ассортиментом на 1 или 2 балла. Это свидетельствует о том, что необходимо разрабатывать новые сорта сыра и насыщать рынок.

Анализируя ответы, полученные на третий вопрос, можно заметить, что респонденты заинтересованы в том, чтобы покупать сыр, в состав которого входят нетрадиционные виды сырья. Наибольшее количество респондентов заинтересовано в том, чтобы попробовать сыр с виноградом. Это классическое сочетание, которое давно известно людям. На втором и третьем местах оказались сыры с добавлением облепихи и рябины – они получили 27,7 % и 23, 4 % соответственно от всех ответов опрошенных. Можно сделать вывод о том, что полученные сыры, в состав которых входят данные виды ягод, будут пользоваться спросом.

Результаты физико-химического анализа высушенных образцов ягод приведены в таблице 1.

Расчет дозировки порошкообразных ягод при производстве мягкого сыра производился следующим образом. Из предварительных экспериментов по производству сыра было выявлено, что выход сыра с 1 л молока составляет 100 г, что равно одной порции. Для того чтобы изделие могло считаться функциональным, одна порция должна содержать не менее 15 % суточной нормы функционального ингредиента. Суточная норма витамина С составляет 90 мг/сут [18]. Отсюда выводим формулу (1) для расчета массы наполнителя:

$$X = \frac{15 \cdot 90 \cdot 100}{100 \cdot a} \quad (1)$$

где  $X$  – необходимая масса ягодного наполнителя, мг;  
15 – минимальное содержание функционального ингредиента в порции, %;

90 – суточная потребность в витамине С, мг/сут;

100 – масса одной порции сыра, г;

Таблица 2. Анализ кислотности сыворотки от производства экспериментального мягкого сыра

Table 2. Acidity of whey obtained from the production of experimental soft cheese

Показатель качества	Эксперимент № 1	Эксперимент № 2
Первоначальная кислотность сыворотки, ед. рН	6,30	6,13
Кислотность сыворотки перед посолкой сырного зерна, ед. рН	5,89	6,17

100 – коэффициент для перевода процентов в доли, %;

$a$  – содержание витамина С в сырье согласно проведенному физико-химическому анализу, мг.

С учетом содержания витамина С в образцах было выявлено, что дозировка шиповника составляет 2,3 г, облепихи – 1,6 г, рябины – 22,5 г. Во всех случаях объем молока, используемого для производства сыра, составлял 1 л, так как из предварительных экспериментов было выявлено, что выход сыра с 1 л молока составляет 100 г, что равно одной порции.

При производстве сыра с черноплодной рябиной было исследовано два метода внесения ягод. В первом эксперименте ягоды вносились в молоко перед внесением фермента. Во втором эксперименте ягоды вносились непосредственно в сырное зерно. Результаты анализа кислотности сыворотки от производства экспериментального сыра в двух вариантах представлены в таблице 2.

Основываясь на полученных данных, можно сделать следующий вывод. Внесение ягод черноплодной рябины в молоко приводит к понижению рН за счет ее высокой кислотности рябины. При внесении ягод черноплодной рябины в сырное зерно кислотность сыворотки в течение процесса формования и прессования остается на прежнем уровне. При проведении первого эксперимента нарушается вязкость и сыр распадается на зерна, поэтому оптимальным является способ внесения ягод в сырное зерно. При производстве сыра с облепихой и шиповником был применен второй метод. На рисунках 4 и 5 представлены полученные образцы мягкого сыра с ягодой.

Органолептические показатели качества полученных изделий были оценены комиссией потенциальных потребителей. В состав комиссии входило 6 человек. Каждый образец сыра был оценен по пяти показателям качества по пятибалльной шкале, где 1 балл означал самый низкий уровень, 5 баллов – самый высокий. В таблице 3 представлены характеристики образцов сыра, полученные в процессе проведения органолептического анализа комиссией. Полученные результаты оценки были сведены в профилограммы, представленные на рисунке 7.



Рисунок 4. Разрез сыров, содержащих облепиху (слева), шиповник (посередине) и черноплодную рябину (справа)

Figure 4. Section of cheese samples with sea buckthorn (left), rosehip (in the middle), and aronia (right)



Рисунок 5. Разрез сыров, содержащих черноплодную рябину (эксперимент № 2 слева, эксперимент № 1 справа)

Figure 5. Section of cheese samples with aronia (left – experiment 2, right – experiment 1)

Таблица 3. Органолептические характеристики экспериментальных сыров с ягодой

Table 3. Sensory properties of experimental cheeses with berries

Характеристика	Образец сыра с черноплодной рябиной (эксперимент № 1)	Образец сыра с черноплодной рябиной (эксперимент № 2)	Образец сыра с облепихой	Образец сыра с шиповником
Цвет	Выраженный сиреневый с черными включениями	Светло-розовый	Желтый	Коричневый с черными включениями
Вкус	Кисломолочный, свойственный данному виду сыра	Кисломолочный, свойственный данному виду сыра	Кисломолочный, свойственный данному виду сыра. Сладковатый привкус	Кисломолочный, свойственный данному виду сыра
Аромат	Свойственный черноплодной рябине	Свойственный черноплодной рябине	Свойственный облепихе	Свойственный шиповнику
Консистенция	Зернистая, неоднородная	Однородная, мраморный рисунок	Однородная, свойственная сыру	Однородная, содержит включения порошка шиповника
Форма	Образец сыра плохо держит форму, выделяется сыворотка	Круглая, сохраняется в течение 12 часов	Квадратная, сохраняется в течение 12 часов	Круглая, сохраняется в течение 12 часов

Как видно из данных рисунка 7, наибольшую сумму баллов набрал образец сыра, в состав которого была включена облепиха. Дегустаторы отмечали, что данный образец сыра имеет приятный желтоватый цвет. Средняя оценка по показателю «цвет» составляла 4,8 баллов. Вкус, консистенция и форма данного образца удовлетворили экспертов, поэтому средняя оценка по данным показателям составила 4,4, 4,6, и 4,5 баллов соответственно. Меньше всего дегустаторами был оценен аромат данного сыра. Отмечалось, что облепиховый аромат образца является несвойственным для сыра, поэтому оценка, высчитанная как среднее арифметическое экспертных оценок по данному показателю, составила 4 балла.

На втором месте по сумме баллов по органолептическим показателям качества оказался образец сыра с черноплодной рябиной, в котором ягодный наполнитель вводился на этапе вымешивания сырного зерна. Данное изделие получило наиболее высокую оценку за цвет – средняя оценка составила 4,8 балла. Дегустаторы отмечали, что данный образец имеет приятный розовый цвет. По показателям «вкус» и «форма» средняя оценка составила 4,3 балла. Отмечалось, что вкус приятный, кисломолочный. Аромат и консистенция данного образца были оценены в 4,2 и 4,1 балл соответственно.

На третьем месте по сумме баллов расположился образец сыра, в состав которого входил шиповник. Оценки, полученные как среднеарифметические, составляли по 4,4 балла за цвет и консистенцию,

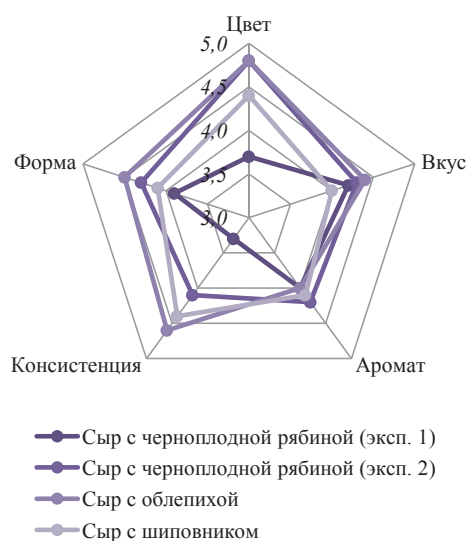


Рисунок 7. Профилограммы органолептических показателей качества функциональных сыров

Figure 7. Profile charts of the sensory property indicators of the functional cheeses

4 балла за вкус и по 4,1 балла за аромат и форму. Дегустаторы отмечали, что консистенция сыра однородная, но имеются непромешанные включения порошка шиповника. Из-за этого двое экспертов снизили свою оценку, что отразилось на среднеарифметическом данного образца. Один из экспертов отмечал горечь во вкусе, которая объясняется включением шиповника в состав сыра.

Наименьшую оценку получил образец сыра, в состав которого вносился порошок черноплодной рябины в молоко перед внесением фермента. Суммарная оценка данного образца составила 19,1 балла. Наименьшую оценку данный образец получил за консистенцию, а именно 3,3 балла. Эксперты отмечали, что данный образец сыра имел зернистую, неоднородную консистенцию и плохо держал форму. Это объясняется действием кислот, входящих в состав данного сыра.

### **Выводы**

Основываясь на результатах, полученных при производстве образцов функционального мягкого сыра, можно сделать следующий вывод. Оптимальным способом обработки ягод является их высушивание при 60 °С с последующим измельчением. Полученные порошкообразные ягоды необходимо вносить в дозировке исходя из того, каким должно быть содержание функционального ингредиента в изделии. Вносить ягоды рекомендуется в сырное зерно. При таком способе внесения кислотность сыворотки в процессе производства сыра не снижается, что дает возможность получить качественный продукт. При внесении ягод в молоко ухудшалась консистенция полученного сыра.

Все образцы сыра, в состав которого вносились ягоды на этапе вымешивания сырного зерна, являются качественными. Полученные изделия, содержащие облепиху, черноплодную рябину и шиповник, были высоко оценены потенциальными

потребителями. Наиболее высокую оценку по органолептическим показателям качества получил сыр с облепихой. Суммарно он был оценен в 22,3 балла из 25.

Таким образом, было получено три качественных образца функционального сыра с ягодой. Такой сыр обладает множеством полезных свойств для организма человека. Поэтому можно с уверенностью заключить, что полученные пищевые продукты являются не только качественными, но и полезными с функциональной точки зрения.

### **Критерии авторства**

А. В. Борисова руководила проектом, обеспечивала магистрантов методиками выполнения анализов, необходимыми реактивами и сырьем для производства сыра. Также она консультировала магистрантов и отвечала на все вопросы, возникающие по ходу проведения экспериментов. А. А. Рузынова, А. М. Тяглова и К. В. Поликарпова отвечали за проведение экспериментальной части. Совместно выполняли физико-химический анализ сыра и получали готовые образцы сыра.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### **Contribution**

A.V. Borisova supervised the project, consulted the students, and provided them with methods, reagents, and raw materials. A.A. Ruzyanova, A.M. Tyaglova, and K.V. Polikarova were responsible for the experimental part. They performed the physicochemical analysis of the raw material and produced the cheese samples

### **Conflict of interest**

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

### **Список литературы**

1. Effect of camel chymosin on the texture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese / A. C. Moynihan, S. Govindasamy-Lucey, J. J. Jaeggi [et al.] // *Journal of Dairy Science*. – 2014. – Vol. 97, № 1. – P. 85–96. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7081>.
2. Cottage cheeses functionalized with fennel and chamomile extracts: Comparative performance between free and microencapsulated forms / C. Caleja, A. Ribeiro, L. Barros [et al.] // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 199. – P. 720–726. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.085>.
3. Phenolic-rich Petit Suisse cheese manufactured with organic Bordeaux grape juice, skin, and seed extract: Technological, sensory, and functional properties / C. T. Pasini Deolindo, P. I. Monteiro, J. S. Santos [et al.] // *LWT*. – 2019. – Vol. 115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108493>.
4. Basil as functional and preserving ingredient in “Serra da Estrela” cheese / M. Carrocho, L. Barros, J. C. M. Barreira [et al.] // *Food Chemistry*. – 2016. – Vol. 207. – P. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.085>.
5. Functional goat milk cheese with feruloyl esterase activity / M. C. Abeijón Mukdsi, C. Haro, S. N. Gonzalez [et al.] // *Journal of Functional Foods*. – 2013. – Vol. 5, № 2. – P. 801–809. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.026>.
6. Polyphenolic compounds as functional ingredients in cheese / J. Han, M. Britten, D. St-Gelais [et al.] // *Food Chemistry*. – 2011. – Vol. 124, № 4. – P. 1589–1594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.021>.

7. Madadlou, A. Rheology, microstructure, and functionality of low-fat iranian white cheese made with different concentrations of rennet / A. Madadlou, A. Khosroshahi, M. E. Mousavi // *Journal of Dairy Science*. – 2005. – Vol. 88, № 9. – P. 3052–3062. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72986-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72986-6).
8. Functional Pecorino cheese production by using innovative lamb rennet paste / A. Santillo, A. Bevilacqua, M. R. Corbo [et al.] // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. – 2014. – Vol. 26. – P. 389–396. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.02.012>.
9. Kommineni, A. Effect of xylitol on the functional properties of low-fat process cheese / A. Kommineni, J. Amamcharla, L. T. Metzger // *Journal of Dairy Science*. – 2015. – Vol. 95, № 11. – P. 6252–6259. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5376>.
10. *Lactobacillus helveticus* as a tool to change proteolysis and functionality in Swiss-type cheeses / L. Sadat-Mekmene, R. Richoux, L. Aubert-Frogerais [et. al] // *Journal of Dairy Science*. – 2014. – Vol. 96, № 3. – P. 1455–1470. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6179>.
11. Гаврилова, Н. Б. Использование растительных ингредиентов в технологии мягкого сыра / Н. Б. Гаврилова, Е. А. Макарова // *Сыроделие и маслоделие*. – 2016. – № 5. – С. 36–37.
12. Свириденко, Г. М. Эмульгирующая соль как фактор риска, влияющий на хранимоспособность и микробиологическую безопасность плавленых сыров / Г. М. Свириденко, М. Б. Борисова, Н. Г. Бабкина // *Сыроделие и маслоделие*. – 2016. – № 4. – С. 32–35.
13. Рудакова, А. Ю. Разработка и производство сырных продуктов с растительными компонентами / А. Ю. Рудакова, Л. А. Забдалова, О. П. Серова // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. – 2014. – № 4. – С. 204–209.
14. Глаголева, Л. Э. Творожный продукт с растительным комплексом из зеленой гречки / Л. Э. Глаголева, И. В. Коротких // *Сыроделие и маслоделие*. – 2016. – № 2. – С. 46–47.
15. Богданова, Н. С. Использование в технологии плавленого сырного продукта рисовой муки и альбумина / Н. С. Богданова // *Сыроделие и маслоделие*. – 2016. – № 2. – С. 48–51.
16. Мусина, О. Н. Новые функциональные продукты – мягкий сыр «Глобозум» и полутвердый сыр «Пладоленс» / О. Н. Мусина, Е. Ф. Отт // *Сыроделие и маслоделие*. – 2019. – № 2. – С. 14–16. DOI: <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2019-2-14-16>.
17. Гаврилова, Н. Б. Синбиотический компонент для функциональных продуктов / Н. Б. Гаврилова, Е. А. Молибога // *Молочная промышленность*. – 2017. – № 7. – С. 56–57.
18. Скурихин, И. М. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
19. Мельникова, Е. И. Анализ функционально-технологических свойств различных пищевых волокон / Е. И. Мельникова, Е. С. Скрыльникова, Е. С. Рудниченко // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 2014. – Т. 334, № 4. – С. 62–64.
20. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities / M. Skerget, P. Kotnik, M. Hadolin [et al.] // *Food Chemistry*. – 2005. – Vol. 89, № 2. – P. 191–198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.025>.


## References

1. Moynihan AC, Govindasamy-Lucey S, Jaeggi JJ, Johnson ME, Lucey JA, McSweeney PLH. Effect of camel chymosin on the texture, functionality, and sensory properties of low-moisture, part-skim Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*. 2014;97(1):85–96. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7081>.
2. Caleja C, Ribeiro A, Barros L, Barreira JCM, Antonio AL, Oliveira MBPP, et al. Cottage cheeses functionalized with fennel and chamomile extracts: Comparative performance between free and microencapsulated forms. *Food Chemistry*. 2016;199:720–726. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.085>.
3. Pasini Deolindo CT, Monteiro PI, Santos JS, Cruz AG, Cristina da Silva M, Granato D. Phenolic-rich Petit Suisse cheese manufactured with organic Bordeaux grape juice, skin, and seed extract: Technological, sensory, and functional properties. *LWT*. 2019;115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108493>.
4. Carocho M, Barros L, Barreira JCM, Calhella RC, Soković M, Fernández-Ruiz V, et al. Basil as functional and preserving ingredient in “Serra da Estrela” cheese. *Food Chemistry*. 2016;207:51–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.085>.
5. Abejón Mukdsi MC, Haro C, Gonzalez SN, Medina RB. Functional goat milk cheese with feruloyl esterase activity. *Journal of Functional Foods*. 2013;5(2):801–809. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.01.026>.
6. Han J, Britten M, St-Gelais D, Champagne CP, Fustier P, Salmieri S, et al. Polyphenolic compounds as functional ingredients in cheese. *Food Chemistry*. 2011;124(4):1589–1594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.021>.
7. Madadlou A, Khosroshahi A, Mousavi ME. Rheology, microstructure, and functionality of low-fat iranian white cheese made with different concentrations of rennet. *Journal of Dairy Science*. 2005;88(9):3052–3062. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(05\)72986-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(05)72986-6).


8. Santillo A, Bevilacqua A, Corbo MR, Sevi A, Sinigaglia M, Albenzio M. Functional Pecorino cheese production by using innovative lamb rennet paste. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2014;26:389–396. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.02.012>.
9. Kommineneni A, Amamcharla J, Metzger LT. Effect of xylitol on the functional properties of low-fat process cheese. *Journal of Dairy Science*. 2015;95(11):6252–6259. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5376>.
10. Sadat-Mekmene L, Richoux R, Aubert-Frogerais L, Madec M-N, Corre C, Piot M, et al. *Lactobacillus helveticus* as a tool to change proteolysis and functionality in Swiss-type cheeses. *Journal of Dairy Science*. 2014;96(3):1455–1470. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6179>.
11. Gavrilova NB, Makarova EA. The use of vegetable ingredients in soft cheese technology. *Magazine Cheesemaking and Buttermaking*. 2016;(5):36–37. (In Russ.).
12. Sviridenko GM, Zaharova MB, Babkina NG. Emulsifying salt as a risk factor effecting keepability and microbiological safety of processed cheese. *Magazine Cheesemaking and Buttermaking*. 2016;(4):32–35. (In Russ.).
13. Rudakova AYU, Zabolodov LA, Serova OP. Development and production of cheese products with vegetable components. *Scientific Journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*. 2014;(4):204–209. (In Russ.).
14. Glagoleva LE, Korotkih IV. Curds product with vegetable complex from green buckwheat. *Magazine Cheesemaking and Buttermaking*. 2016;(2):46–47. (In Russ.).
15. Bogdanova NS. Application of rice and albumin flours in the technology of processed cheese product. *Magazine Cheesemaking and Buttermaking*. 2016;(2):48–51. (In Russ.).
16. Musina ON, Ott EF. New functional products – soft cheese “Globozum” and semi-hard cheese “Pladolens”. *Magazine Cheesemaking and Buttermaking*. 2019;(2):14–16. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31515/2073-4018-2019-2-14-16>.
17. Gavrilova NB, Moliboga EA. Synbiotic component for functional products. *Dairy Industry*. 2017;(7):56–57. (In Russ.).
18. Skurikhin IM, Tutel'yan VA. *Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov: Spravochnik [Chemical composition of Russian food products: Manual]*. Moscow: DeLi print; 2002. 236 p. (In Russ.).
19. Melnikova EI, Skrylnikova ES, Rudnichenko ES. Analysis of functional and technological properties of various food fibers. *News institutes of higher Education. Food technology*. 2013;334(4):62–64. (In Russ.).
20. Skerget M, Kotnik P, Hadolin M, Hraš AR, Simonič M, Knez Z. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 2005;89(2):191–198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.025>.

#### Сведения об авторах

##### Борисова Анна Викторовна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел.: +7 (846) 332-27-13, e-mail: [anna\\_borisova\\_63@mail.ru](mailto:anna_borisova_63@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

##### Рузянова Анна Андреевна

магистрант кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел.: +7 (846) 332-27-13, e-mail: [ruzanova96@mail.ru](mailto:ruzanova96@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7159-7893>

##### Тяглова Анна Максимовна


магистрант кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел.: +7 (846) 332-27-13, e-mail: [tyaglova20133@yandex.ru](mailto:tyaglova20133@yandex.ru)

##### Поликарпова Ксения Васильевна


магистрант кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел.: +7 (846) 332-27-13, e-mail: [polik.ksu@yandex.ru](mailto:polik.ksu@yandex.ru)

#### Information about the authors

##### Anna V. Borisova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology and Catering Arrangement, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443100, Russia, phone: +7 (846) 332-27-13, e-mail: [anna\\_borisova\\_63@mail.ru](mailto:anna_borisova_63@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-0833-987X>

##### Anna A. Ruzyanova

Undergraduate of the Department of Food Technology and Catering Arrangement, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443100, Russia, phone: +7 (846) 332-27-13, e-mail: [ruzanova96@mail.ru](mailto:ruzanova96@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7159-7893>

##### Anna M. Tyaglova

Undergraduate of the Department of Food Technology and Catering Arrangement, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443100, Russia, phone: +7 (846) 332-27-13, e-mail: [ruzanova96@mail.ru](mailto:ruzanova96@mail.ru)

##### Ksenia V. Polikarpova

Undergraduate of the Department of Food Technology and Catering Arrangement, Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya Str., Samara, 443100, Russia, phone: +7 (846) 332-27-13, e-mail: [polik.ksu@yandex.ru](mailto:polik.ksu@yandex.ru)

## Оптимизация технологии вытапливания жира страуса в присутствии электроактивированной жидкости

М. В. Горбачева<sup>1,\*</sup>, В. Е. Тарасов<sup>2</sup>, С. А. Калманович<sup>2</sup>, А. И. Сапожникова<sup>1</sup>



<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной  
медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина»,  
109472, Россия, г. Москва, ул. Академика Скрябина, 23

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,  
350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

Дата поступления в редакцию: 21.11.2019

Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: [gmv76@bk.ru](mailto:gmv76@bk.ru)



© М. В. Горбачева, В. Е. Тарасов, С. А. Калманович, А. И. Сапожникова, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Создание комплексной и экологически безопасной переработки жира страуса, которая позволит получать топленый жир с заданными свойствами для производства нового поколения товаров пищевого, косметического и иного назначения, является весьма актуальным. Цель работы – оптимизировать параметры вытапливания жира страуса в присутствии электроактивированной жидкости для получения жирового продукта направленного целевого назначения с высокими показателями качества и выходом.

**Объекты и методы исследования.** Объектом выбран жир страуса, полученный мокрым вытапливанием в водной фазе электролита (католита). Приготовленный солевой раствор хлорида натрия (4 г/100см<sup>3</sup>) подвергали электрохимической обработке в электролизере при силе постоянного тока 0,5–0,6 А и напряжении 40–42 В. Для жириозвлечения использовали католит с параметрами: рН 9–11, окислительно-восстановительный потенциал от –600 до –700 мВ. Оптимизацию технологических параметров вытапливания проводили с помощью двухфакторного эксперимента. В качестве первостепенных технологических параметров выбраны водородный показатель католита  $X_1$  ( $Z_1$ ) и температура вытапливания жира  $X_2$  ( $Z_2$ ).

**Результаты и их обсуждение.** Весомое влияние на выход жира оказывает температура обработки жира-сырца. Увеличение водородного показателя католита в совокупности с температурным фактором оказывает отрицательное воздействие на жириозвлечение. На кислотное число жира страуса существенно влияет рН католита. Инактивирующий механизм действия католита на ферментативные процессы хорошо коррелирует с низкими значениями перекисного числа жира.

**Выводы.** Оптимальными для получения жира страуса с высокими потребительскими свойствами можно считать области водородного показателя в интервале 10,5–11,0 и температурой вытапливания 60,0–100,0 °С.

**Ключевые слова.** Жириозвлечение, электролиз, католит, страусоводство, пищевое производство

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках Соглашения с Минобрнауки России №14.607.21.0161.

**Для цитирования:** Оптимизация технологии вытапливания жира страуса в присутствии электроактивированной жидкости / М. В. Горбачева, В. Е. Тарасов, С. А. Калманович [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 21–31. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-21-31>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Ostrich Fat Production Using Electrolyzed Fluid

M.V. Gorbacheva<sup>1,\*</sup>, V.E. Tarasov<sup>2</sup>, S.A. Kalmanovich<sup>2</sup>, A.I. Sapozhnikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> K.I. Skryabin Moscow state Academy of  
Veterinary Medicine and Biotechnology,  
23, Akademika Skryabina Str., Moscow, 109472, Russia

<sup>2</sup> Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia

Received: November 21, 2019

Accepted: March 03, 2020

\*e-mail: [gmv76@bk.ru](mailto:gmv76@bk.ru)



## Abstract.

**Introduction.** The fundamental competitiveness of all food industries is based on two key points. The first one is the effective use of traditional and new raw materials. The second one is a constant upgrade of the technical base by introducing innovative technological solutions and modern equipment. In this aspect, the fat processing industry is no exception. The development of a comprehensive and sustainable processing of ostrich fat can help to obtain rendered fat with specific properties that can be used in functional foods and cosmetics. The research objective was to improve the parameters of ostrich fat rendering by using electrolyzed fluid in order to obtain a functional fat product of high quality indicators.

**Study objects and methods.** The research featured ostrich fat obtained by wet melting in the aqueous phase of electrolyte (catholyte). A saline solution of sodium chloride ( $4 \text{ g}/100\text{cm}^3$ ) was subjected to electrochemical treatment in an electrolytic bath with a direct current of 0.5–0.6 A and a voltage of 40–42 V. For fat extraction, we used catholyte with the following parameters: pH 9–11, redox potential between –600 and –700 mV. A two-factor experiment helped to improve the technological parameters of fat rendering. Catholyte hydrogen index  $X_1$  ( $Z_1$ ) and fat melting temperature  $X_2$  ( $Z_2$ ) were chosen as the primary technological parameters.

**Results and discussion.** The processing temperature of raw fat had a significant effect on the fat yield. When the catholyte hydrogen index and the temperature were increased, it had a negative effect on fat extraction. The acid value of ostrich fat was significantly affected by the pH of catholyte. The inactivating effect of catholytic action on the enzymatic processes resulted in low values of peroxide fat.

**Conclusion.** The research provided the following optimal range for producing ostrich fat with improved consumer properties: hydrogen index = 10.5–11.0, melting temperature = 60.0–100.00°C.

**Keywords.** Fat extraction, electrolysis, catholyte, ostrich farming, food production

**Funding.** The research was performed as part of the Agreement with the Ministry of Education and Science of Russia, No. 14.607.21.0161.

**For citation:** Gorbacheva MV, Tarasov VE, Kalmanovich SA, Sapozhnikova AI. Ostrich Fat Production Using Electrolyzed Fluid. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):21–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-21-31>.

## Введение

Роль инновационной составляющей в развитии пищевой и перерабатывающей промышленности крайне велика. Принципиальное значение имеет как ассортимент используемого сырья, так и внедрение новых технологий, обеспечивающих оптимизацию производственного цикла, безопасность и высокое качество выпускаемой продукции нового поколения с заданными характеристиками, ее конкурентоспособность на международном рынке. На сегодняшний день потенциал, который надо развивать, – это переход к ресурсосберегающим технологиям, обеспечивающим безотходное производство с минимальным воздействием на окружающую среду, а также переработка новых видов сырья, полученных с использованием инновационных решений [1].

Самый большой сегмент пищевой промышленности по переработке мяса приходится на мясную промышленность. Параллельно с переработкой основного сырья образуется большое количество жиросодержащих продуктов. Жиры сельскохозяйственных животных и птицы представляют собой крайне необходимое для перерабатывающих отраслей сырье, которое занимает значительный объем в заготовках вторичной продукции животного происхождения [2].

Жир страуса относительно новый для отечественного потребительского рынка, но

востребованный в мировой практике, сырьевой продукт для производства косметических, фармацевтических и пищевых товаров [3]. В современной России интерес к разведению страусов растет. Выращивают страусов в небольших частных хозяйствах, общее поголовье составляет более 4 тыс голов. Однако специалисты отрасли сходятся во мнении, что цифры несколько занижены [4, 5].

Все жиры и масла состоят из триацилглицеринов и сопутствующих веществ (фосфолипидов, стероидов, токоферолов, свободных жирных кислот и др.). Причем триацилглицерины жиров содержат в основном насыщенные жирные кислоты, а триацилглицерины масел – ненасыщенные [6]. Благодаря преобладанию в составе жира страуса ненасыщенных жирных кислот и возможности разделения его на легкоплавкую и тугоплавкую фракции, он отличается от других видов жиров животного происхождения.

Одним из актуальных направлений научной косметологии является поиск эффективного натурального сырья, к которым можно отнести жир страуса, для создания новых косметических средств. К настоящему времени разработаны многочисленные варианты рецептурно-компонентных составов косметических средств и биологически-активных добавок на основе жира страуса как эмоленга и источника биологически-активных веществ [7]. Химические константы и физические показатели



жира страуса свидетельствуют о возможности его использования для производства пищевых продуктов функционального назначения [8, 9]. Большое внимание в работах зарубежных авторов уделено изучению жирно-кислотного и фракционного состава масла страуса, его влиянию на физиологическое состояние организма человека [10–13].

Для обработки мягкого жирсырья наибольшее распространение получил тепловой метод – вытопка, которая осуществляется мокрым и сухим способами. Однако при применении традиционных подходов, а также химического способа в растворе гидроксида натрия для получения жира страуса с регулируемой температурой вытапливания не удалось достигнуть положительных результатов.

Создание комплексной и экологически безопасной переработки жира страуса, которая позволит получать топленый жир с заданными свойствами для производства нового поколения товаров пищевого, косметического и иного назначения, является весьма актуальным. В основе предлагаемой технологии лежит принцип электрохимической активации процесса жириозвлечения, что обуславливает научную новизну настоящих исследований. Способ вытопки заключается в том, что жировое сырье смешивают с водной фазой – электроактивированной жидкостью 1:4 к массе жировой ткани. Жировое сырье также подвергают термической обработке и постоянному перемешиванию с последующим обезвоживанием [14]. Преимущества применения электроактивированных растворов в пищевой и других отраслях промышленности подтверждены отечественными и зарубежными исследованиями [15–21].

Цель работы – оптимизировать условия и параметры вытапливания жира страуса в присутствии электроактивированной жидкости для получения топленого продукта направленного целевого назначения с высокими показателями качества и выходом.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследований служил жир страуса, полученный мокрым вытапливанием в водной фазе электролита (католита) с заданными параметрами. Предварительно готовили солевой раствор хлорида натрия (4 г/100 см<sup>3</sup>), который насыщали

Таблица 1. Уровни варьирования технологического вытапливания жира страуса в электролите (католите)

Table 1. The technological levels of ostrich fat rendering in an electrolyte (catholyte)

Факторы	$Z_j^{min}$	$Z_{j0}$	$Z_j^{max}$
pH $X_1(Z_1)$	9	10	11
Температура $X_2(Z_2)$ , °C	45,0	75,0	100,0

перемешиванием острым паром температурой 140–160 °C, что позволило получить данную концентрацию раствора. Далее подвергали его электрохимической обработке при силе постоянного тока 0,5–0,6 А и напряжении 40–42 В. Процесс электролиза водного раствора NaCl сопровождается выделением газообразного хлора. С целью обеспечения его отделения в верхней части аппарата и отвод через патрубок во внешнюю среду на безопасную для окружающей среды высоту, а также минимизации образования побочных продуктов был использован электролизер, конструкция которого в отличие от стандартных аппаратов, состоящих из двух зон, разделена на три [22]. Для жириозвлечения был применен католит с параметрами: pH 9–11, окислительно-восстановительный потенциал от –600 до –700 мВ [14].

В ходе исследований были использованы общепринятые методы. Отбор проб жира осуществляли по ГОСТ Р ИСО 5555-2010. Определение кислотного и перекисного чисел по – ГОСТ Р ИСО 27107-2010. Контроль качества топленого жира проводили по ГОСТ Р 54676-2011. Исследования проводили в 3-кратной повторности. Оптимизацию технологических параметров вытапливания проводили с помощью полного факторного эксперимента для двухфакторной модели. В качестве первостепенных технологических параметров выбраны водородный показатель электроактивированной жидкости  $X_1(Z_1)$  и температура вытапливания жира  $X_2(Z_2)$  (табл. 1).

Нахождение точки центра плана или уровня находили по уравнению:

$$Z_{j0} = \frac{Z_j^{max} + Z_j^{min}}{2} \quad (1)$$

где  $Z_j^{max}$  – максимальное значение  $j$  фактора;  
 $Z_j^{min}$  – минимальное значение  $j$  фактора;  
 $j = 1, 2, \dots, k$  – номер фактора.

Уровни варьирования факторов рассчитывали по формуле:

$$\Delta Z_j = \frac{z_j^{max} - z_j^{min}}{2} \quad (2)$$

Необходимое количество опытов в полном факторном эксперименте (ПФЭ) определяли по уравнению:

$$N = n^k = 3^2 = 9 \quad (3)$$

где  $k$  – число факторов;

$n$  – количество уровней (три уровня «+», «0», «–»).

В безмерной системе координат верхний уровень равен +1, нижний уровень равен –1, координаты центра плана равны нулю и совпадают с началом координат.

С помощью программного обеспечения Statistika 6,0 в кодированных величинах находили уравнение регрессии, которое имеет следующий вид:

$$\bar{y} = b_0 + b_1\chi_1 + b_2\chi_2 + b_{11}\chi_1^2 + b_{12}\chi_1\chi_2 + b_{22}\chi_2^2 \quad (4)$$

где  $b_0$  – свободный член уравнения;

$x_1, x_2, \dots, x_n$  – факторы, определяющие уровень изучаемого результивного параметра;

$b_1, b_2, \dots, b_n$  – коэффициенты регрессии при факторных показателях, характеризующие уровень влияния каждого фактора на результивный параметр в абсолютном выражении.

С целью проверки адекватности полученных данных были поставлены опыты в 4 дополнительных контрольных точках. Число контрольных точек и их координаты были обусловлены особенностями эксперимента и прогнозированием возможности использования дополнительных точек для улучшения модели в случае неадекватности уравнения.

Оценку значимости коэффициентов уравнения проводили путем сопоставления абсолютной величины коэффициента  $|b_j|$  с его доверительным интервалом по формуле (5), используя критерий Стьюдента при уровне значимости  $P = 0,05$ :

$$Db = t_a S_{b_j} \quad (5)$$

где  $t_a$  – значение критерия Стьюдента при уровне значимости  $P = 0,05$  и числе степеней свободы  $f_1 = u - 1$  (где  $u$  – число опытов в центре плана).

Среднеквадратическую ошибку  $S_{b_j}$  находили с помощью дисперсии воспроизводимости ( $S_{\text{воспр}}^2$ ) по следующей формуле:

$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{S_{\text{воспр}}^2}{N}} \quad (6)$$

$$S_{\text{воспр}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^n (y_u^0 - \bar{y}^0)^2}{n-1} \quad (7)$$

где  $n$  – число опытов в центре плана.

Коэффициент считается статистически значимым, когда выполняется условие  $|b_j| \geq t_a S_{b_j}$ .

Адекватность полученного уравнения проверяли по критерию Фишера (9) исходя из однородности дисперсии воспроизведения и остаточной (адекватности) дисперсии по формуле:

$$S_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{N-l} \quad (8)$$

где  $l$  – количество значимых коэффициентов в уравнении.

$$F = \frac{S_{\text{ост}}^2}{S_{\text{воспр}}^2} \quad (9)$$

По таблице для уровня значимости  $P = 0,05$  находили табулированное значение критерия Фишера:  $F_{1-p} = (f_1, f_2)$ .

Если  $F < F_{1-p} (f_1, f_2)$ , то модель адекватно описывает эксперимент.

### Результаты и их обсуждение

План проведения эксперимента (матрицу эксперимента) записывали в виде таблицы, которая включала «собственно план» и вспомогательные

столбцы, служащие для обработки результатов уже проведенного эксперимента (табл. 2).

Математическая модель параметров вытапливания жира страуса в кодированных единицах для подбора оптимальных значений по выходу представлена в виде формулы Тейлора:

$$\bar{y} = 88,4556 - 0,3167\chi_1 + 8,7667\chi_2 - 3,0833\chi_1^2 + 0,625\chi_1\chi_2 - 2,4333\chi_2^2 \quad (10)$$

Расчётным путем определено, что только 1 коэффициент, а именно водородный показатель водной фазы католита незначим, и уравнение (11) адекватно описывает эксперимент:  $S_{\text{воспр}}^2 = 0,25$ ;  $S^2_{\text{ост}} = 0,95$ . Критерий Фишера составил 3,80;  $F_{1-p} = (f_1, f_2) = 9,01$ . Соответственно выполняется условие при уровне вероятности 0,05  $F < F_{1-p}$ .

$$\bar{y} = 88,4556 - 0,3167\chi_1 + 8,7667\chi_2 - 3,0833\chi_1^2 + 0,625\chi_1\chi_2 - 2,4333\chi_2^2 \quad (11)$$

Как видно из коэффициентов уравнения, весомое влияние на выход жира оказывает температура обработки жира-сырца. Следует отметить, что значительное увеличение водородного показателя католита в совокупности с температурным фактором оказывает отрицательное воздействие на жириозвлечение. Зависимость выхода жира-сырца страуса от исследуемых факторов приведена на рисунке 1.

Как видно из данных рисунка 1а, центр плана эксперимента находятся в верхней границе трехмерной выстроенной объемной модели, что

Таблица 2. Полный факторный эксперимент оптимизации условий вытапливания жира по величине выхода продукта

Table 2. Complete factorial experiment in improving the conditions of fat rendering according to the yield

Номер опыта	Факторы в натуральном масштабе*		Факторы в безразмерной системе координат		$y_{i \text{ экп}}^2$ %	$\hat{y}_{\text{расч}}^2$ %	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
	$Z_1$ , pH	$Z_2$ , °C	$x_1$	$x_2$			
1	11	75	+1	0	84	85,37	1,880
2	10	100	0	+1	95	94,79	0,044
3	9	75	-1	0	86,2	85,37	0,68
4	10	45	0	-1	76,5	77,25	0,57
5	11	100	+1	+1	92,3	92,33	0,0009
6	9	100	-1	+1	90,9	91,08	0,03
7	9	45	-1	-1	75,1	74,80	0,092
8	11	45	+1	-1	74,0	73,55	0,20
9	10	75	0	0	89,0	88,46	0,30
10	10	75	0	0	88,9	88,46	0,20
11	10	75	0	0	90,0	88,46	2,38
12	10	75	0	0	90,1	88,46	2,7

\*  $Z_1$  – водородный показатель (pH),  $Z_2$  – температура, °C;

\*  $Z_1$  – hydrogen index (pH),  $Z_2$  – temperature, °C.

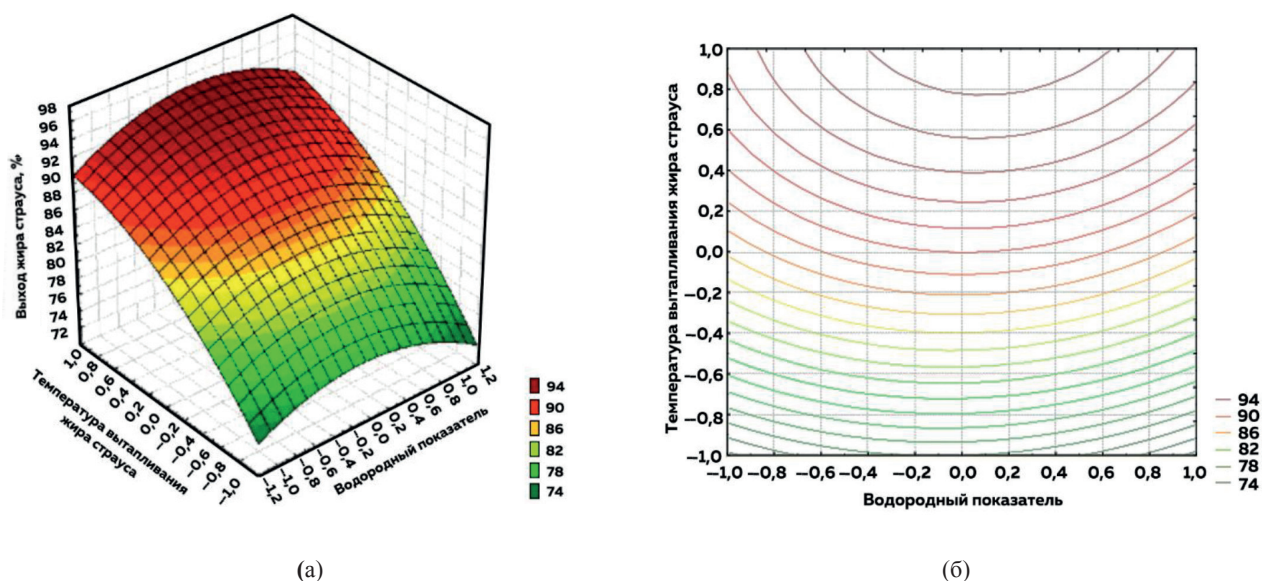


Рисунок 1. Графическая модель: (а) влияние температуры и рН католита на выход жира страуса; (б) области факторного пространства жириозвлечения по выходу продукта

Figure 1. Graphical model: (a) effect of temperature and pH of catholyte on ostrich fat yield; (b) area of the factor space of fat extraction according to yield

подтверждает гипотезу о получении наибольшего выхода жира при максимально установленных технологических параметрах. Вместе с тем цветовой тон, характерный для выхода от 90 % и выше, распространяется на значительной графической части рисунка. Это указывает на широкий диапазон варьирования температур и водородного показателя водной среды для положительного технического решения по выходу жира.

Для подбора оптимальных режимов вытапливания математическая модель (11) была представлена

в виде линий Тора (рис. 1б). Анализ полученных результатов показал, что благоприятными зонами для получения жира с высокой производительностью по выходу можно считать интервалы в кодированных единицах для рН водной фазы католита  $-0,4-0,65$  и температуры вытапливания  $0,5-1,0$ .

Кислотное и перекисное числа – нормируемые показатели качества жиров – позволяют судить о степени протекающих в них изменений. Было рассчитано уравнение регрессии для кислотного (12) и перекисного (13) чисел жира страуса, вытопленного

Таблица 3. Полный факторный эксперимент оптимизации условий вытапливания жира по величине кислотного числа

Table 3. Complete factorial experiment in improving the conditions of fat rendering according to acid value

Номер опыта	Факторы в натуральном масштабе*		Факторы в безразмерной системе координат		$y_{i \text{ экс}}$ , мгКОН/г	$\hat{y}_{\text{расч}}$ , мгКОН/г	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
	$Z_1$ , pH	$Z_2$ , °C	$X_1$	$X_2$			
1	11	75	+1	0	0,45	0,51	0,004
2	10	100	0	+1	0,7	0,74	0,001
3	9	75	-1	0	1,2	1,1278	0,005
4	10	45	0	-1	0,5	0,44	0,004
5	11	100	+1	+1	0,4	0,43	0,0009
6	9	100	-1	+1	1,1	1,04	0,003
7	9	45	-1	-1	0,6	0,75	0,02
8	11	45	+1	-1	0,21	0,13	0,006
9	10	75	0	0	0,8	0,8211	0,0004
10	10	75	0	0	0,5	0,8211	0,10
11	10	75	0	0	0,55	0,8211	0,073
12	10	75	0	0	0,5	0,8211	0,10

\*  $Z_1$  – водородный показатель (pH),  $Z_2$  – температура, °C;

\*  $Z_1$  – hydrogen index (pH),  $Z_2$  – temperature, °C.

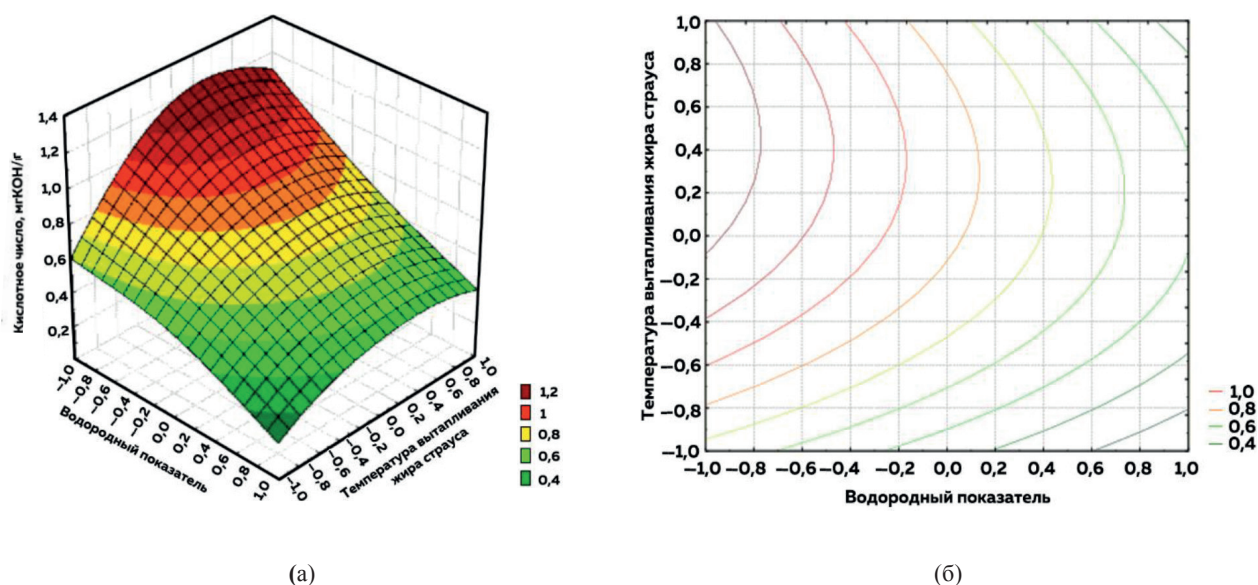


Рисунок 2. Графическая модель: (а) влияние температуры и рН католита на кислотное число жира страуса; (б) области значений водородного показателя и температуры вытапливания жира страуса по показателю кислотного числа жира страуса

Figure 2. Graphical model: (a) effect of temperature and pH of catholyte on the acid value of ostrich fat; (b) range of the pH value and the ostrich fat melting temperature according to the acid value of the ostrich fat

при заданных параметрах в электроактивированной жидкости (католите).

План эксперимента второго порядка по показателю кислотного числа топленного жира страуса представлен в таблице 3.

$$\bar{y} = 0,8211 - 0,3067\chi_1 + 0,1483\chi_2 - 0,0067\chi_1^2 - 0,0775\chi_1\chi_2 - 0,2317\chi_2^2 \quad (12)$$

$$\bar{y} = 0,8211 - 0,3067\chi_1 + 0,1483\chi_2 - 0,2317\chi_2^2 \quad (13)$$

Проверка полученного уравнения показала,

что только четыре коэффициента значимы и они адекватны эксперименту:  $S_{\text{воспр}}^2 = 0,022$ ;  $S_{\text{ост}}^2 = 0,0089$ . Критерий Фишера равен 0,40;  $F_{1-p} = (f_{49,12}, f_3) = 9,12$ . Важно отметить разнонаправленное воздействие, которое оказывают рН электролита (католита) и температура вытапливания на кислотное число жира. Влияние технологических факторов хорошо заметно на рисунке 2.

Выявлено, что на показатель кислотного числа в процессе жириозвлечения существенно влияет рН электрохимически активированной среды. С

Таблица 4. Полный факторный эксперимент оптимизации условий вытапливания жира по величине перекисного числа

Table 4. Complete factorial experiment in improving the conditions of fat rendering according to peroxide value

Номер опыта	Факторы в натуральном масштабе*		Факторы в безразмерной системе координат		$y_{i \text{ экс}}$ , ммоль активного кислорода/кг	$\hat{y}_{\text{расч}}$ , ммоль активного кислорода/кг	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
	$Z_1$ , pH	$Z_2$ , °C	$X_1$	$X_2$			
1	11	75	+1	0	0,81	0,7	0,01
2	10	100	0	+1	1,91	1,91	0,0
3	9	75	-1	0	1,68	1,72	0,002
4	10	45	0	-1	1,8	1,74	0,004
5	11	100	+1	+1	1,3	1,34	0,0016
6	9	100	-1	+1	2,6	2,56	0,0014
7	9	45	-1	-1	2,2	2,19	0,00004
8	11	75	+1	-1	1,3	1,37	0,0049
9	10	75	0	0	1,1	1,1667	0,0045
10	10	75	0	0	1,2	1,1667	0,001
11	10	75	0	0	1,1	1,1667	0,0045
12	10	75	0	0	1,2	1,1667	0,001

\*  $Z_1$  – водородный показатель (pH),  $Z_2$  – температура, °C;

\*  $Z_1$  – hydrogen index (pH),  $Z_2$  – temperature, °C.

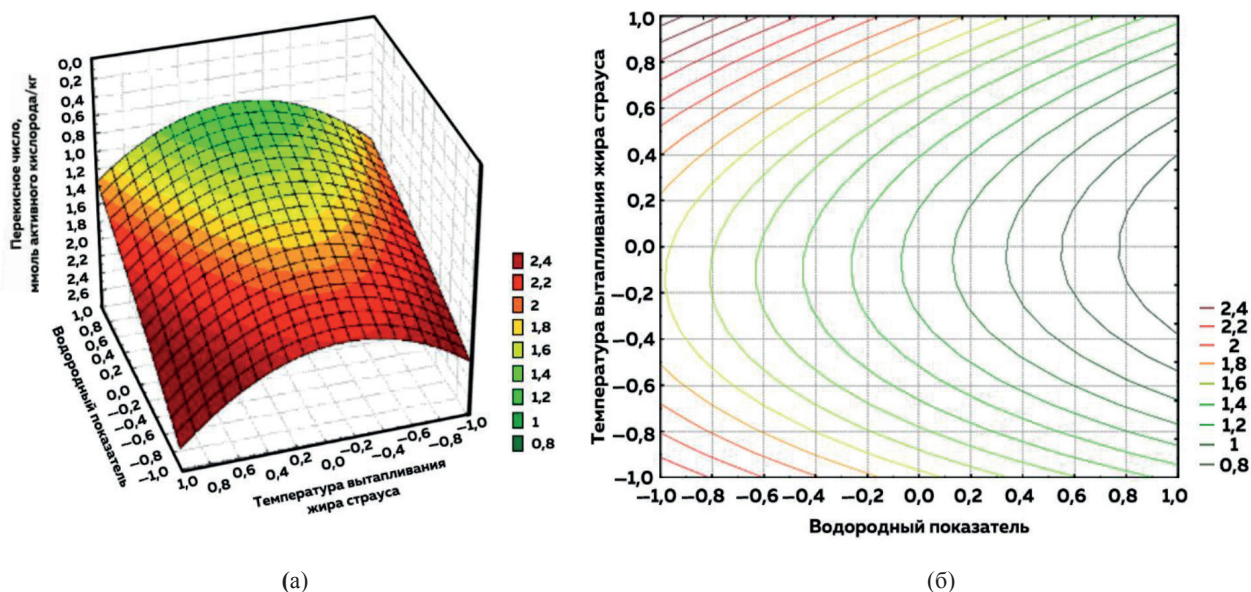


Рисунок 3. Графическая модель: (а) влияние температуры и рН католита на величину выхода жира страуса; (б) области значений водородного показателя и температуры вытапливания жира страуса по показателю перекисного числа жира страуса

Figure 3. Graphical model: (a) effect of temperature and pH of catholyte on the ostrich fat yield; (b) range of values of the hydrogen index and the ostrich fat melting temperature according to the peroxide value of ostrich fat

повышением водородного показателя водной фазы католита кислотное число жира снижается (рис. 2а). При заданных технологических параметрах оптимальных значений кислотного числа достичь не удалось (рис. 2б). Опираясь на графические данные, подбирали оптимальные зоны водородного показателя и температуры вытапливания для получения жира страуса с низким кислотным числом, которые составили 0,2–1,0 и от –1,0 до –0,7 в кодированных значениях.

Построение матрицы эксперимента по показателю перекисного числа осуществляли по аналогии с предыдущими опытами. Результаты представлены в таблице 4.

Расчетным путем с применением программного обеспечения Statistika 6,0 была получена зависимость перекисного числа от исследуемых факторов, которая имела следующий вид:

$$\bar{y} = 1,1667 - 0,5117\chi_1 + 0,085\chi_2 + 0,045\chi_1^2 - 0,1\chi_1\chi_2 + 0,655\chi_2^2 \quad (14)$$

В ходе проверки адекватности математической модели установлено, что все коэффициенты уравнения значимы ( $S_{\text{воспр}}^2 = 0,022$ ;  $S_{\text{ост}}^2 = 0,0089$ ) и выполняется условие  $F < F_{1-p}$  ( $0,50 < 9,28$ ) при уровне вероятности 0,05. Обращает на себя внимание выраженное обратное влияние водородного показателя католита, в отличие от температуры вытапливания, на перекисное число жира страуса. Вместе с тем значительное увеличение как рН водной фазы электрохимически активированной среды, так и теплового воздействия, приводит к увеличению перекисного числа.

На рисунке 3а хорошо видно интенсивное влияние температуры вытапливания на показатель перекисного числа жира. Очевиден инактивирующий

Таблица 5. Области факторного пространства для вытапливания жира страуса мокрым способом в присутствии электроактивированной жидкости

Table 5. Areas of factor space for ostrich fat wet rendering by using electrolyzed fluid

Функция отклика	Водородный показатель водной фазы католита		Температура вытапливания	
	Значения выбранных факторов			
	кодированные единицы	натуральные величины	кодированные единицы	натуральные величины, °C
Выход жира страуса ( $Y_1$ )	–0,4–0,65	9,6–10,65	0,8–1,0	87,5–100,0
Кислотное число жира страуса ( $Y_2$ )	0,6–1,0	10,6–11,0	от –1,0 до –0,8	45,0–60,0
Перекисное число жира страуса ( $Y_3$ )	0,8–1,0	10,8–11,0	от 0,4 до –0,4	60,0–87,5

механизм действия католита на ферментативные процессы, протекающие в сырье при его вытопке. Низкие показатели перекисного числа отмечены в верхней части плана и области, покрывающей центральную часть объемной трехмерной модели. Наилучшие условия для вытапливания жира по данному показателю (рис. 3б) находятся в интервалах кодированных единиц для рН католита (0,8–1,0) и температуры вытапливания от 0,4 до –0,4.

Для подбора технологических условий и параметров обработки жирового сырья в присутствии электроактивированной жидкости, обеспечивающих получение жирового продукта с высокими качественными и количественными характеристиками кодированные значения, были переведены в натуральные величины (табл. 5).

### Выводы

Сопоставление полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что для решения поставленной технической задачи оптимальными для получения жира страуса с высоким выходом и низкими значениями кислотного и перекисного чисел можно считать области водородного показателя в интервале 10,5–11,0 и температурой вытапливания 60,0–100,0 °С. Режимы тепловой обработки могут варьироваться в зависимости от целевого назначения продукта:

пищевое, косметическое, кормовое.

Благодаря направленному физико-химическому воздействию раствора электролита, способствующему разрушению сложной внутриклеточной коллоидной системы, в состав которой входит жир, удалось достигнуть высокой эффективности предлагаемой технологии без применения агрессивных сред и температур. Выбранные технологические параметры вытапливания легли в основу создания технологической линии переработки жира-сырца страуса (патент на изобретение № 2681419).

### Критерии авторства

Авторы в равной степени принимали участие в исследованиях и оформлении рукописи.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution

The authors equally participated in the research and the design of the manuscript.

### Conflicts of interest

The authors declare no conflict of interest regarding the publication of the present article.

### Список литературы

1. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://legalacts.ru/doc/rasporjzhenie-pravitelstva-rf-ot-17042012-n-559-r/>. – Дата обращения: 10.04.2019.
2. Лисицын, А. Б. Комплексное использование сырья в мясной отрасли АПК / А. Б. Лисицын, Н. Ф. Небурчилова, И. В. Петрунина // Пищевая промышленность. – 2016. – № 5. – С. 58–62.
3. Фролов, В. Ю. Повышение эффективности производства продукции страусоводства в условиях малых форм хозяйствования / В. Ю. Фролов, О. В. Сычёва, Н. Ю. Сарбатова // Эффективное животноводство. – 2015. – Т. 117, № 8. – С. 44–45.
4. Куликов, Л. В. Фермерское страусоводство: Практическое руководство для начинающих предпринимателей / Л. В. Куликов, Ш.-Г. К. Боков. – М.: Российский университет дружбы народов, 2004. – 257 с.
5. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Том 5. Поголовье сельскохозяйственных животных. Книга 1. Поголовье сельскохозяйственных животных. Структура поголовья сельскохозяйственных животных. М.: ИИЦ «Статистика России», 2018. – 451 с.
6. Медведев, Д. А. Химические процессы, лежащие в основе порчи масложировой продукции / Д. А. Медведев, О. И. Лазовская, В. Н. Леонтьев // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2014. – Т. 168, № 4. – С. 231–236.
7. Пат. 2692057С1 Российская Федерация, МПК А61К8/04, А61Q 19/00. Косметический крем дневной / Горбачева М. В., Тарасов В. Е., Василевич Ф. И. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина». – № 2018144242; заявл. 13.12.2018; опубл. 20.06.2019; Бюл. № 17. – 8 с.
8. Пат. 2007103125А Российская Федерация, МПК А61К35/12. Масло эму и фруктовый состав / Плева Р. М.; – № 2007103125/15; заявл. 28.07.2005; опубл. 10.09.2008; Бюл. № 25. – 2 с.
9. Пат. 2287952С1 Российская Федерация, МПК А23Л1/30 А23Д9/00 А23Л1/305. Биологически активная добавка к пище / Горлов И. Ф., Юрина О. С., Лупачева Н. А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ГУ «Волгоградский научно-исследовательский технологический институт мясомолочного скотоводства и переработки продукции животноводства Россельхозакадемии». – № 2005122342/13; заявл. 14.07.2005; опубл. 27.11.2006; Бюл. № 33. – 5 с.
10. Eltom, S. E. M. Chemical studies on ostrich oil obtained from (*Struthio camellus*) / S. E. M. Eltom, A. G. Al-sehemi. – 2004. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1693.0648>.

11. Basuny, A. M. M. Biological evaluation of ostrich oil and its using for production of biscuit / A. M. M. Basuny, S. M. Arafat, H. M. Soliman // *Egyptian Journal of Chemistry*. – 2017. – Vol. 60, № 6. – P. 1091–1099. DOI: <https://doi.org/10.21608/ejchem.2017.1295.1078>.
12. Basuny, A. M. M. Utilization of ostrich oil in foods / A. M. M. Basuny, S. M. Arafat, S. L. Nasef // *International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics*. – 2011. – Vol. 2, № 8. – P. 199–208.
13. Refining ostrich oil and its stabilization with curcumin / U. D. Palanisamy, M. Sivanathan, T. Subramaniam [et al.] // *Journal of Nutritional Health & Food Engineering*. – 2015. – Vol. 2, № 2. – P. 63–69. DOI: <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2015.02.00051>.
14. Пат. 2683559С1 Российская Федерация, МПК С11В1/00 С11В1/12. Способ получения топленого жира страуса / Горбачева М. В., Тарасов В. Е., Сапожникова А. И. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина». – № 2017146651; заявл. 28.12.2017; опубл. 28.03.2019; Бюл. № 10. – 5 с.
15. Electrochemically activated solutions: evidence for antimicrobial efficacy and applications in healthcare environments / R. M. S. Thorn, S. W. H. Lee, G. M. Robinson [et al.] // *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*. – 2012. – Vol. 31, № 5. – P. 641–653. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10096-011-1369-9>.
16. Electro-activated aqueous solutions: Theory and application in the food industry and biotechnology / M. Aider, E. Gnatko, M. Benali [et al.] // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. – 2012. – Vol. 15. – P. 38–49. DOI <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.02.002>.
17. Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry / R. Jiménez-Pichardo, C. Regalado, E. Castaño-Tostado [et al.] // *Food Control*. – 2016. – Vol. 60. – P. 320–328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.011>.
18. Contribution to the development of a method of maple sap soft drink stabilization by electro-activation technology / K. Koffi, S. Labrie, A. Genois [et al.] // *LWT – Food Science and Technology*. – 2014. – Vol. 59, № 1. – P. 138–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.063>.
19. Effect of electrochemically activated anolyte on the shelf life of cold stored rainbow trout / V. D. Kitanovski, D. B. Vlahova-Vangelova, S. G. Dragoev [et al.] // *Food Science and Applied Biotechnology*. – 2018. – Vol. 1, № 1. – P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.30721/fsab.2018.v1.i1>.
20. Disintegration of bacterial film by electrochemically activated water solution / A. G. Pogorelov, O. A. Suvorov, A. L. Kuznetsov [et al.] // *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. – 2018. – Vol. 165, № 4. – P. 493–496. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10517-018-4202-y>.
21. Pasko, O. A. Metabolism in *Amaranthus* L. seeds after their treatment with electrochemically activated water / O. A. Pasko // *Agricultural Biology*. – 2013. – № 3. – P. 84–91. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2013.3.84eng>.
22. Горбачева, М. В. Оптимизация условий и параметров получения электроактивированной жидкости для вытапливания жира страуса / М. В. Горбачева, В. Е. Тарасов, А. И. Сапожникова // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т. 32, № 8. – С. 88–96. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10823>.


## References

1. Strategiya razvitiya pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti Rossiyskoy Federatsii na period do 2020 goda [Development strategy of the Food and Processing Industry of the Russian Federation for the period until 2020] [Internet]. [cited 2019 Apr 10]. Available from: <https://legalacts.ru/doc/rasporjazhenie-pravitelstva-rf-ot-17042012-n-559-r/>.
2. Lisitsyn AB, Neburchilova NF, Petrunina IV. Complex use of raw material in the meat sector of the agro-industrial complex. *Food Industry*. 2016;(5):58–62. (In Russ.).
3. Frolov VYu, Sychyova OV, Sarbatova NYu. Povyshenie ehffektivnosti proizvodstva produktii strausovodstva v usloviyakh malykh form khozyaystvovaniya [Improving the efficiency of production of ostrich products in the conditions on small farms]. *Ehffektivnoe zhivotnovodstvo* [Effective Cattle Breeding]. 2015;117(8):44–45. (In Russ.).
4. Kulikov LV, Bokov Sh-GK. *Fermerskoe strausovodstvo: Prakticheskoe rukovodstvo dlya nachinayushchikh predprinimateley* [Farm Ostrich Production: Manual for Start-Up Entrepreneurs]. Moscow: RUDN University; 2004. 257 p. (In Russ.).
5. Itogi Vserossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy perepisi 2016 goda. Tom 5. Pogolov'e sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. Kniga 1. Pogolov'e sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh. *Struktura pogolov'ya sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh* [Results of the 2016 All-Russian Agricultural Census. Vol. 5. Livestock of farm animals. Book 1. Livestock. The structure of livestock of farm animals]. Moscow: Information Center “Statistika Rossii”; 2018. 451 p. (In Russ.).
6. Medvedev DA, Lazovskaya OI, Leont'ev VN. Khimicheskie protsessy, lezhashchie v osnove porchi maslozhirovoy produktii [Chemical processes behind the deterioration of oil and fat products]. *Trudy BGTU. Seriya 2: Khimicheskie tekhnologii, biotekhnologiya, geoekologiya* [Studies at Belgorod State Technological University. Series 2: Chemical technology, biotechnology, geo-ecology]. 2014;168(4):231–236. (In Russ.).
7. Gorbacheva MV, Tarasov VE, Vasilevich FI, Sapozhnikova AI, Gordienko IM, Strepetova OA. *Cosmetic day cream*. Russia patent RU 2692057C1. 2019.

8. Pleva RM. Maslo ehmu i fruktovyvy sostav [Emu oil and fruit composition]. Russia patent RU 2007103125A. 2005.
9. Gorlov IF, Jurina OS, Lupacheva NA, Semenova IA. Biologically active food additive. Russia patent RU 2287952C1. 2006.
10. Eltom SEM, Al-sehemi AG. Chemical studies on ostrich oil obtained from (*Struthio camellus*). 2004. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1693.0648>.
11. Basuny AMM, Arafat SM, Soliman HM. Biological evaluation of ostrich oil and its using for production of biscuit. Egyptian Journal of Chemistry. 2017;60(6):1091–1099. DOI: <https://doi.org/10.21608/ejchem.2017.1295.1078>.
12. Basuny AMM, Arafat SM, Nasef SL. Utilization of ostrich oil in foods. International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics. 2011;2(8):199–208.
13. Palanisamy UD, Sivanathan M, Subramaniam T, Radhakrishnan AK, Haleagrahara N, Sundralingam U, et al. Refining ostrich oil and its stabilization with curcumin. Journal of Nutritional Health & Food Engineering. 2015;2(2):63–69. DOI: <https://doi.org/10.15406/jnhfe.2015.02.00051>.
14. Gorbacheva MV, Tarasov VE, Sapozhnikova AI, Gordienko IM, Strepetova OA. Method of obtaining ostrich melted fat. Russia patent RU 2683559C1. 2019.
15. Thorn RMS, Lee SWH, Robinson GM, Greenman J, Reynolds DM. Electrochemically activated solutions: evidence for antimicrobial efficacy and applications in healthcare environments. European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases. 2012;31(5):641–653. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10096-011-1369-9>.
16. Aider M, Gnatko E, Benali M, Plutakhin G, Kastyuchik A. Electro-activated aqueous solutions: Theory and application in the food industry and biotechnology. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2012;15:38–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.02.002>.
17. Jiménez-Pichardo R, Regalado C, Castaño-Tostado E, Meas-Vong Y, Santos-Cruz J, García-Almendárez BE. Evaluation of electrolyzed water as cleaning and disinfection agent on stainless steel as a model surface in the dairy industry. Food Control. 2016;60:320–328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.011>.
18. Koffi K, Labrie S, Genois A, Ait Aissa A, Aider M. Contribution to the development of a method of maple sap soft drink stabilization by electro-activation technology. LWT – Food Science and Technology. 2014;59(1):138–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.063>.
19. Kitanovski VD, Vlahova-Vangelova DB, Dragoev SG, Nikolov HN, Balev DK. Effect of electrochemically activated anolyte on the shelf life of cold stored rainbow trout. Food Science and Applied Biotechnology. 2018;1(1):1–10. DOI: <https://doi.org/10.30721/fsab.2018.v1.i1>.
20. Pogorelov AG, Suvorov OA, Kuznetsov AL, Panait AI, Pogorelova MA, Ipatova LG. Disintegration of bacterial film by electrochemically activated water solution. Bulletin of Experimental Biology and Medicine. 2018;165(4):493–496. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10517-018-4202-y>.
21. Pasko OA. Metabolism in *Amaranthus* L. seeds after their treatment with electrochemically activated water. Agricultural Biology. 2013;(3):84–91. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2013.3.84eng>.
22. Gorbacheva MV, Tarasov VE, Sapozhnikova AI. Optimization of conditions and parameters for obtaining electroactivated liquid for ostrich fat rendering. Achievements of Science and Technology of AIC. 2018;32(8):88–96. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10823>.

#### Сведения об авторах

##### Горбачева Мария Владимировна


канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С. А. Каспарьянца, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», 109472, Россия, г. Москва, ул. Академика Скрябина, 23, тел.: +7 (495) 377-70-81, e-mail: [gmv76@bk.ru](mailto:gmv76@bk.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-3654-4440>

##### Тарасов Василий Евгеньевич

д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: +7 (861) 274-63-37, e-mail: [tarasov@kubstu.ru](mailto:tarasov@kubstu.ru)

#### Information about the authors

##### Mariya V. Gorbacheva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of S.A. Kasparyanz Commodity Science, Technology of Raw Materials and Products of Animal and Plant Origin, K.I. Skryabin Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23, Akademika Skryabina Str., Moscow, 109472, Russia, phone: +7 (495) 377-70-81, e-mail: [gmv76@bk.ru](mailto:gmv76@bk.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-3654-4440>

##### Vasily E. Tarasov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Fat Technology, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Apparatus, Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia, phone: +7 (861) 274-63-37, e-mail: [tarasov@kubstu.ru](mailto:tarasov@kubstu.ru)



**Калманович Светлана Александровна**

д-р. техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: +7 (861) 255-84-01, e-mail: kalmanovich@kubstu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7440-3422>


**Сапожникова Алла Ионовна**

д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры товароведения, технологии сырья и продуктов животного и растительного происхождения им. С. А. Каспарьянца, ФГБОУ ВО «Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина», 109472, Россия, г. Москва, ул. Академика Скрябина, 23, тел.: +7 (495) 377-70-81, e-mail: fibrilla@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5040-6998>

**Svetlana A. Kalmanovich**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Fat Technology, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Apparatus, Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia, phone: +7 (861) 255-84-01, e-mail: kalmanovich@kubstu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7440-3422>

**Alla I. Sapozhnikova**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of S.A. Kasparyanz Commodity Science, Technology of Raw Materials and Products of Animal and Plant Origin, K.I. Skryabin Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology, 23, Akademika Skryabina Str., Moscow, 109472, Russia, phone: +7 (495) 377-70-81, e-mail: fibrilla@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5040-6998>

## Изучение влияния жирнокислотного состава свинины на процесс ферментации

Г. В. Гуринович\*<sup>ORCID</sup>, К. В. Малютина, С. А. Серегин<sup>ORCID</sup>, И. С. Патракова<sup>ORCID</sup>



Дата поступления в редакцию: 13.02.2020  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

\*e-mail: natali2603@mail.ru



© Г. В. Гуринович, К. В. Малютина, С. А. Серегин, И. С. Патракова, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Сухие ферментированные мясные продукты относятся к деликатесным изделиям, формирование качества которых происходит в результате совокупности процессов различной природы и направленности. Среди факторов, влияющих на формирование их свойств, значительное место занимает состав и свойства сырья, в том числе жировой фазы. Целью исследования явилось изучение процесса ферментации мясных продуктов из сырья от разделки свиноматок (4 категория свинины), в составе которого преобладают высоко ненасыщенные жирные кислоты. Значительные ресурсы этого сырья предполагают совершенствование технологий его использования.

**Объекты и методы исследования.** Исследования выполнены на ветчинах двух групп. Первая группа изготовлена из сырья от разделки туш 4 категории (мышечная ткань тазобедренной части: шпик хребтовой в соотношении 85:15), вторая – из свинины от разделки туш молодняка (2 категория), традиционно применяемых для ферментированных продуктов. Процесс ферментации выполняли с использованием стартовых культур микроорганизмов для быстрой ферментации *StLb 37.03 M* (0,1 % к массе сырья). Процесс изготовления включал ферментацию при температурах активации стартовых культур в течение 48 часов, сушку-прогрев при 50 °С с кратковременной подачей дыма (1 час) и сушку. Общая продолжительность цикла составила 14 суток. По этим стадиям технологического процесса контролировали рН, активность воды, потери массы, химический состав, количество свободных жирных кислот, вторичных и первичных продуктов окисления, цветовые характеристики, органолептические свойства.

**Результаты и их обсуждение.** В ветчинах из свинины 4 категории содержание ненасыщенных жирных кислот составляет 65,39 % от общего количества жирных кислот, против 59,1 % в ветчинах из сырья 2 категории. Это способствует более глубокой деградации жиров в процессе ферментации, оставаясь в значениях, характерных для ферментированных продуктов из традиционно используемого сырья. По органолептическим характеристикам ветчина из свинины 4 категории сопоставима с ветчиной из сырья 2 категории, превосходя их по качеству цвета.

**Выводы.** Полученные данные доказывают возможность использования сырья 4 категории в технологии ферментированных деликатесных продуктов.

**Ключевые слова.** Мясо, ветчина, ферментация, жирнокислотный состав, созревание, окисление, липолиз, цветовые характеристики, стартовые культуры

**Для цитирования:** Изучение влияния жирнокислотного состава свинины на процесс ферментации / Г. В. Гуринович, К. В. Малютина, С. А. Серегин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 32–43. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-32-43>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## The Effect of Acid Composition on the Fermentation Process of Pork Fat

G.V. Gurinovich\*<sup>ORCID</sup>, K.V. Malyutina, S.A. Seregin<sup>ORCID</sup>, I.S. Patrakova<sup>ORCID</sup>

Received: February 13, 2020  
Accepted: March 03, 2020

Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

\*e-mail: meat@kemsu.ru



© G.V. Gurinovich, K.V. Malyutina, S.A. Seregin, I.S. Patrakova, 2020

### Abstract.

**Introduction.** Dry fermented meat products are considered to be fine foods. Their quality depends on a combination of various

processes. The composition and properties of raw materials, e.g. fat, play a key role in quality formation. The research objective was to study the fermentation process in fourth-category pork obtained from sows, which contains a lot of highly unsaturated fatty acids. The considerable resources that this raw material can provide require improved technologies.

*Study objects and methods.* The research featured two types of pork. The first group included samples made from fourth-category carcasses, i.e. hip muscle tissue and spine fat, in the ratio of 85:15. The second group included control samples made from second-category pork that was obtained from young animals. This type of meat is traditionally used for fermented products. The fermentation process was performed using starter cultures for rapid fermentation of *StLb 37.03 M* (0.1% by weight of raw materials). The samples were fermented at the activation temperatures of the starter cultures for 48 h. After that, the samples were dried at 50°C with short-term smoke supply for 1 h. The total time of the production cycle was 14 days. The samples were monitored for water activity, pH, weight loss, chemical composition, amount of free fatty acids, secondary and primary oxidation products, color characteristics, and sensory properties during all stages of the process.

*Results and discussion.* The content of unsaturated fatty acids was 65.39% of the total amount of fatty acids in the fourth-category pork obtained from sows. In the second-category pork obtained from young animals, it was 59.1%. Water activity, pH, and moisture-protein ratio were within the control criteria for shelf stable products. The analysis of thiobarbituric values and free fatty acids indicated a deeper degradation of the fat part, but their values were comparable to those of the control group. The sensory properties of fourth-category fermented pork were highly evaluated by experts.

*Conclusion.* The obtained data proved the possibility of using fourth-category raw materials in the technology of fermented delicatessen products.

**Keywords.** Meat, ham, fermentation, fatty acid composition, maturation, oxidation, lipolysis, color characteristics, ham, starter cultures

**For citation:** Gurinovich GV, Malyutina KV, Seregin SA, Patrakova IS. The Effect of Acid Composition on the Fermentation Process of Pork Fat. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):32–43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-32-43>.

## Введение

Консервирование мяса с использованием ферментации и сушки относится к хорошо известным способам сохранения сырья и производства продуктов с особыми органолептическими свойствами, которые стабильны в процессе хранения. Качество ферментированных продуктов формируется в результате комплекса биохимических, химических и микробиологических процессов, развитие которых зависит от множества факторов. Одним из основных является состав и свойства сырья.

Для ферментированных продуктов в наибольшей степени подходит мясо взрослых животных с более темной окраской и повышенным содержанием сухих веществ и жира. Жировая ткань способствует формированию вкуса и аромата продукта, а крупно измельченный жир – отделению влаги из внутренних слоев и непрерывному снижению активности воды в процессе созревания.

J. Tibau с соавторами связывают лучшее качество вяленой свиной ветчины с использованием мяса от туш большой массы с повышенным содержанием жира [1]. Развитие жировой ткани свинины зависит от убойного возраста, с увеличением которого не только повышается масса поверхностного и внутримышечного жира, но и изменяется их жирнокислотный состав. По данным D. P. Lo Fiego с соавторами, изменения жирнокислотного состава свинины связаны с мононенасыщенными жирными кислотами, количество которых увеличивается в составе как нейтральных, так и полярных и жиров. Количество насыщенных жирных кислот повышается только в поверхностной жировой ткани, состоящей

преимущественно из нейтральных жиров. При прочих равных условиях в составе жировой ткани самок насыщенных жирных кислот меньше, чем в мясе кастрированных самцов [2].

Ряд авторов связывает роль липидов в процессе ферментации с продуктами их окисления, среди которых (по некоторым оценкам) до 20 % составляют продукты ферментативного окисления. Имея очень низкие пороги восприятия, они участвуют в формировании вкусо-ароматических свойств ферментированных продуктов [3–8]. С увеличением степени ненасыщенности липидов и сроков созревания продукции процессы деградации жировой составляющей мяса развиваются быстрее, что способствует более раннему формированию характерных признаков ферментированного продукта. Следует учитывать, что повышенное содержание жира, в том числе ненасыщенного, увеличивает риск липидного окисления как фактора, критически влияющего на качество. Это может оказать негативное влияние на образование цвета ферментированных продуктов [9, 10].

Для производства ферментированных продуктов (особенно из измельченного сырья) предпочтительнее использовать жир твердой консистенции. Мягкая консистенция жира способствует смятию частиц, обволакиванию кусочков мышечной ткани, что может явиться препятствием для сушки и развития ферментации. В то же время имеются данные, согласно которым ненасыщенные жиры за счет более низкой температуры плавления придают нежность и сочность ферментированным продуктам из сырья с неразрушенной структурой [11]. Поэтому при

использовании сырья разного качества большое значение приобретает регулирование интенсивности биохимических и микробиологических реакций, активности воды за счет изменения технологии процесса созревания и сушки.

В структуре перерабатываемого сырья заслуживает внимания мясо, предназначенное исключительно для промышленной переработки. Его получают от выбраковки стада после окончания продуктивного периода использования. К такому сырью относится мясо свиноматок (свинина 4 категории). Объемы поступления сырья на переработку увеличиваются с ростом поголовья свиней, что требует разработки технологии его рационального использования. Это сырье отличается от мяса молодняка по химическому составу и свойствам. Характерной особенностью является повышенное содержание моно- и полиненасыщенных кислот при относительно низкой массовой доле жира [12].

Цель работы состояла в исследовании процесса ферментации ветчин из свинины 4 категории (мясо свиноматок) с выраженными особенностями жирнокислотного состава.

#### Объекты и методы исследования

Объектами исследования были ветчины сырокопченые двух групп. Ветчины первой группы изготовлены из сырья от разделки туш свиней 4 категории, а именно туш свиноматок, обозначенные как рецептура МС. Ветчины второй группы – из сырья от разделки туш свиней-молодняка 2 категории, обозначенные как рецептура ММ.

Для разделки взяты по 3 туши каждой категории массой 225–240 кг (4 категория) и 54–63 кг (2 категория). Продолжительность созревания туш в автолизе 30 часов. Конечное значение рН сырья ( $pH_{24}$ ) для 4 категории равно  $6,20 \pm 0,02$ , для второй категории –  $5,94 \pm 0,04$ .

Рецептуры ветчин каждой из групп состояли из мышечной ткани тазобедренной части без видимых включений жировой ткани и хребтового шпика, взятых в соотношении 85:15. Хребтовый шпик отделен при разделке, температура плавления шпика туш 4 категории составила 24 °С, второй категории – 30 °С. Степень измельчения мясного сырья 30 мм. Перед измельчением мясо и шпик помещали в холодильную камеру для закаливания. Технологические ингредиенты рецептур: нитритно-посолочная смесь с содержанием нитрита натрия 0,6 % (1,7 %), соль пищевая 1,1 %, специи (перец белый, мускатный орех). В качестве стартовых культур использован препарат *StLb 37.03 M* для быстрой ферментации. В составе препарата катализаторы *Staphylococcus carnosus* и *Lactobacillus curvatus* (серия AiBi®, Союзснаб), уровень введения 0,1 %.

Ветчины обеих групп изготовлены в одинаковых условиях по одной и той же технологии, которая

включала: составление рецептуры в мешалке; формовку в натуральную оболочку (диаметр 42–45 мм); двухстадийное созревание (ферментация) при температурах, активирующих стартовые культуры (1 стадия при +15 °С в течение 24 часов, 2 стадия при +20 °С в течение 24 часов); сушку-прогрев в термокамере при температуре +50 °С в течение 1 часа с подачей дыма на 10 мин через 30 мин прогрева; сушку (температура  $11 \pm 2$  °С, влажность 74–76 %) в течение 12 суток. Выработку ветчин выполняли в производственных условиях на предприятии ООО «Новые технологии» (г. Кемерово).

Для контроля развития процесса ферментации использованы различные физико-химические методы.

Химический состав, включая массовую долю влаги, определяли высушиванием навески до постоянной массы по ГОСТ 33319-2015; массовую долю белка – методом Кьельдаля по ГОСТ 25011-2017; массовую долю жира – с использованием экстракционного аппарата Сокслета по ГОСТ 23042-2015.

Активность воды  $A_w$  выявляли криоскопическим методом на анализаторе активности воды АВК-4 (Россия, ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ). Криоскопическая температура образцов определяется на основании термограммы процесса и пересчитывается в значения показателя активности воды с помощью персонального компьютера.

Для характеристики состояния жировой фазы ветчин и ее изменения в процессе ферментации/созревания определяли жирнокислотный состав, содержание свободных жирных кислот, перекисное и тиобарбитуровое числа.

Жирнокислотный состав устанавливали методом газовой хроматографии по ГОСТ Р 51483-9999 на хроматографе Agilent 7890A, газ-носитель – азот особой чистоты.

Для определения свободных жирных кислот липиды экстрагировали смесью растворителей хлороформ:метанол (2:1) из образцов массой 100 г при соотношении образец:растворитель 1:2. Экстрагированный жир (5 г) растворяли в 50 мл этилового спирта и оттитровывали 0,1 моль раствором гидроксида натрия в присутствии индикатора фенолфталеина. Результат определяли в пересчете на олеиновую кислоту (%) [13].

Перекисное число обнаружили методом, который основан на реакции взаимодействия первичных продуктов окисления жира (перекисей и гидроперекисей) с йодистым калием в кислой среде с последующим количественным определением выделившегося йода титрованием раствором тиосульфата натрия по ГОСТ 34118-2017.

Тиобарбитуровое число выявляли дистилляционным методом по ГОСТ Р 55810-2013 с определением количества веществ, реагирующих с

Таблица 1. Жирнокислотный состав ветчин из сырья от разделки туш взрослых животных и молодняка

Table 1. Fatty acid composition of pork obtained from adult and young animals

Наименование	Рецептура МС (4 категория)	Рецептура ММ (2 категория)
Миристиновая С14:0	0,26 ± 0,08	0,18 ± 0,06
Пальмитиновая С16:0	4,96 ± 0,24	4,05 ± 0,18
Стеариновая С18:0	2,75 ± 0,09	2,34 ± 0,08
Арахидиновая С20:0	0,04 ± 0,12	0,05 ± 0,18
Пальмитолеиновая С16:1, ω-7	0,43 ± 0,11	0,29 ± 0,20
Олеиновая С18:1, ω-9 цис	8,19 ± 0,32	7,47 ± 0,33
Линолевая С18:2, ω-6	2,69 ± 0,16	4,53 ± 0,11
α-Линоленовая С18:3, ω-3	0,29 ± 0,04	0,33 ± 0,02
НЖК	34,61	40,75
МНЖК	40,01	43,88
ПНЖК	25,38	15,37
Соотношение НЖК:МНЖК:ПНЖК, %	34,6:40,0:25,4	40,8:43,8:15,4
Соотношение ω-6:ω-3	13,85:1	9,29:1

тиобарбитуровой кислотой. Результат выражается как содержание малонового альдегида (МА) в мг/кг образца и обозначается как ТБЧ.

Активная кислотность (рН) определялась потенциометрическим методом портативным рН-метром ELWRO 5123 с комбинированным электродом.

Потери массы при ферментации/созревании устанавливали методом определения убыли массы по результатам взвешивания одних и тех же образцов (3 образца) по стадиям обработки. Каждый из образцов взвешивали отдельно, за конечный результат принято среднее значение. Потери выражали в процентах относительно исходной массы.

Цветовые характеристики выявлялись методом отражательной спектроскопии с использованием компаратора цвета шарового с расчетом показателей в международной системе CIE L, a, b (L – светлота, a – краснота/отрицательная зелень, b – желтизна/отрицательная синева, S – насыщенность, H – цветовой тон).

Органолептическая оценка проводилась методом дегустации с использованием девятибалльной шкалы в соответствии с ГОСТ 9959-2015.

Статистическая обработка приведена в таблицах, в которых отображены средние результаты определения показателей и стандартное отклонение. Значения показателей получены по результатам в трех сериях, проверенных на однородность, при трехкратной повторности определения показателей внутри каждой из серий. По результатам вычисления среднеарифметического и стандартного отклонения определяли стандартную ошибку среднеарифметического и границы его доверительного интервала с учетом коэффициента Стьюдента  $t(n, p)$  при уровне значимости 95 % ( $P = 0,05$ ) и числе измерений.

### Результаты и их обсуждение

Жирнокислотный состав рецептов ветчин, на которых выполнено исследование процесса созревания, приведен в таблице 1. Анализ жирнокислотного профиля ветчин свидетельствует о том, что исследуемые рецепты сопоставимы по суммарному содержанию мононенасыщенных кислот. Их доля (от общего содержания липидов) составляет для ветчин рецептуры МС 40,01 г/100 г, для ветчин рецептуры ММ – 43,88 г/100 г. Наибольшие различия выявлены для полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), содержание которых в ветчинах из сырья от разделки свиноматок (рецептура МС) оказалось в 1,65 раз больше, чем в ветчинах из мяса молодых животных. В ветчине рецептуры МС выявлено увеличение содержания насыщенных жирных кислот, в том числе пальмитиновой. Ранними исследованиями установлено, что на твердость животного жира в наибольшей степени влияют жирные кислоты С18:0 (стеариновая) и С18:2 (линолевая) [14].

По содержанию стеариновой кислоты разница между исследуемыми рецептурами незначительна, тогда как линолевой кислоты существенно больше в рецептурах ветчин из сырья 2 категории. Можно говорить о том, что жировая фаза ветчин рецептуры ММ достаточно пластичная. В то же время жировая

Таблица 2. Биологическая ценность липидов сырья и рецептов ветчин из свинины от разделки туш взрослых животных и молодняка

Table 2. Biological value of the lipids in raw materials and formulations of pork obtained from adult and young animals

Наименование показателя	Идеальный липид		Скоры для шпика хребтового от разделки свинины		Скоры липидов жировой фазы ветчин рецептов	
	содержание г/100 г	скор	4 категории	2 категории	МС (4 категория)	ММ (2 категория)
Олеиновая кислота	35,0	1,0	1,21	1,30	1,10	1,20
НЖК	20	1,0	1,71	2,29	1,73	2,09
ПНЖК	6	1,0	5,33	2,60	4,14	2,63
Коэффициент использования липидов	100	1,0	0,44	0,63	0,47	0,61

фаза ветчин рецептуры МС характеризуется более высоким содержанием ненасыщенных кислот.

Выявленные особенности жирнокислотного состава влияют на показатели биологической ценности жировой фазы ветчин (табл. 2).

Полученные результаты показывают, что жировая фаза ветчин обеих рецептур, а также шпика в качестве их основного жирового компонента по основным группам жирных кислот отличается от значений «идеального липида». Коэффициент использования липидов, учитывающий степень соответствия жирных кислот «идеальному липиду», для свинины 2 категории и рецептуры на основе сырья от ее разделки находится в диапазоне 0,63–0,61, для образцов из свинины 4 категории – в пределах 0,44–0,47.

Представленные данные позволяют говорить о том, что жировая составляющая свинины 4 категории по составу, технологическому и пищевому качеству уступает сырию их свинины 2 категории.

Подготовленные рецептуры ветчин были поставлены на созревание, которое включало ряд последовательных этапов. На отдельных стадиях созревания контролировали развитие процесса ферментации по совокупности показателей, характеризующих изменение соотношения основных компонентов, интенсивность влагоотделения, изменение липидной фракции и связанных с ним физико-химических показателей.

Результаты исследования химического состава ветчин из сырья разных возрастных категорий и направлений преимущественного использования (воспроизводство или откорм) приведены в таблице 3.

Полученные данные свидетельствуют о том, что исследуемые рецептуры практически не различаются по массовой доле жира ( $P < 0,05$ ). Эта тенденция сохраняется в следующих стадиях процесса ферментации. Потери жира в процессе ферментации/созревания, в отличие от воды, незначительны, поэтому жир хорошо сохраняется в готовом продукте. Его содержание в созревших ветчинах из свинины разной возрастной категории сопоставимы. К моменту окончания созревания массовая доля жира

в образцах ветчин рецептур МС и ММ увеличилась относительно исходных значений на 26,5 % и 27,9 % соответственно.

Массовая доля белка в рецептуре МС к моменту окончания созревания увеличилась на 55,9 % относительно исходного значения, в рецептуре ММ – на 52,0 %. При этом образцы ферментированных ветчин рецептуры МС характеризуются достоверно большим содержанием белка ( $P < 0,05$ ).

Полученные данные о характере изменения компонентного состава мясных продуктов в процессе ферментации согласуются с результатами аналогичных исследований [15, 16]. Однако нами не выявлено работ, объектами исследований в которых являлось мясо свиноматок.

По результатам определения компонентного состава установлена динамика соотношения «влага/белок» в процессе созревания, по величине которого можно косвенно судить об устойчивости исследуемых образцов к процессам микробной порчи. Исходная рецептура ветчины из свинины 4 категории имеет меньшее значение «влага/белок», чем рецептура из свинины 2 категории. Рекомендуемое значение соотношения «влага/белок» на момент окончания созревания находится в пределах от 1,9 до 1,6. Эти значения в образцах ветчин из свинины 4 категории достигается немного раньше, чем в образцах из свинины 2 категории, что свидетельствует о достаточно интенсивном развитии процесса ферментации. Следует заметить, что в обоих случаях эти значения существенно ниже рекомендованной для сухих продуктов промежуточной влажности (0,75).

На стадиях ферментации и созревания/сушки происходит испарение влаги с поверхности влаги и одновременный диффузионный перенос воды из внутренних тканей мяса к межфазному слою. Результаты определения потерь показывают прогрессивное уменьшение массы образцов ветчин в процессе созревания, чему способствует натуральная оболочка. К моменту окончания процесса потери массы для ветчин из сырья 4 категории составили 29,7 %, для образцов от свинины 2 категории – 31,4 %.

Таблица 3. Зависимость химического состава ветчин из свинины

Table 3. Chemical composition of pork

Стадия технологического процесса	Массовая доля, % основных компонентов в рецептурах ветчин							
	влаги		жира		белка		«влага/белок»	
	МС	ММ	МС	ММ	МС	ММ	МС	ММ
Начало процесса (0 ч)	60,37 <sup>bcden</sup>	62,03 <sup>bcde</sup>	19,46 <sup>cde</sup>	19,84 <sup>cde</sup>	18,94 <sup>bcde</sup>	17,79 <sup>bcde</sup>	2,99	3,49
Ферментация (48 ч)	55,54 <sup>acde</sup>	55,82 <sup>acde</sup>	19,96 <sup>e</sup>	19,97 <sup>cde</sup>	20,23 <sup>ade</sup>	19,87 <sup>ade</sup>	2,74	2,81
Сушка-прогрев	53,72 <sup>abde</sup>	53,58 <sup>ade</sup>	20,24 <sup>ane</sup>	20,89 <sup>adbe</sup>	20,51 <sup>ade</sup>	20,08 <sup>ade</sup>	2,59	2,67
Сушка в камере (6 суток)	50,25 <sup>abce</sup>	51,09 <sup>abce</sup>	20,48 <sup>ane</sup>	22,14 <sup>abce</sup>	26,62 <sup>abcen</sup>	23,87 <sup>abce</sup>	1,89	2,14
Сушка в камере (12 суток)	42,03 <sup>abcdn</sup>	41,27 <sup>abcdm</sup>	24,62 <sup>acdn</sup>	25,38 <sup>acbdm</sup>	27,54 <sup>abcdn</sup>	25,04 <sup>abcdm</sup>	1,52	1,64
± SD	0,49	0,38	0,68	0,51	0,71	0,56	–	–
Значения показателей <sup>a-c</sup> в столбцах значительно отличаются ( $P < 0,05$ )								
Значения показателя <sup>m-n</sup> в строках значительно отличаются ( $P < 0,05$ )								

Однако выявленные отклонения статистически недостоверны (рис. 1).

Высокий темп потерь на стадии ферментации следует объяснять уменьшением активной реакции среды образцов и приближением ее к изоэлектрической точке основных белков мяса особенно миозина. Это приводит к уменьшению количества воды, удерживаемой этими белками. Полученные результаты согласуются с данными Н. Vozkurt и О. Erkmen, которые объясняют снижение pH суджюка, ферментируемого с использованием стартовых культур, образованием органических кислот [17]. При одинаковых условиях созревания и диаметре батона тенденция к снижению потерь массы для рецептуры МС может быть объяснена меньшей кислотностью фарша ветчины и большим содержанием в ней белков.

Сравнение темпа потерь массы позволяет говорить о том, что легкоплавкий жир от разделки свинины 4 категории не привел к замедлению испарения влаги и нарушению процесса ферментации. В совокупности с результатами определения массовой доли влаги можно говорить о сопоставимости скорости испарения влаги для обеих исследованных рецептур.

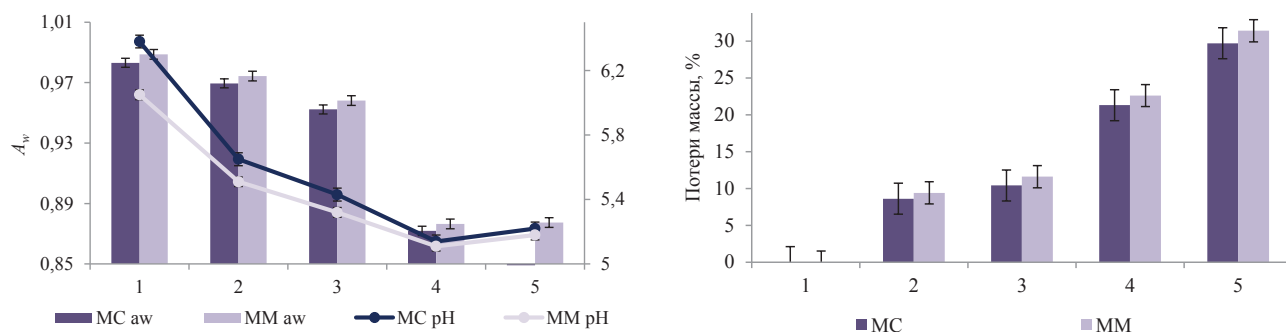
Одновременно с потерей массы, обусловленной потерями влаги, происходит изменение показателя активности воды, который характеризует долю прочно удерживаемой влаги. Величина  $A_w$  хорошо коррелирует со многими показателями. Применительно к процессу окисления липидов скорость процесса повышается при значениях показателя 0,0–0,2 и 0,5–0,7 [18]. К моменту окончания процесса сушки значения активности воды для образцов рецептур МС и ММ составили 0,8409 и 0,8474 соответственно (рис. 1).

В процессе созревания ферментированных мясных продуктов имеет место липолиз, которому в большей степени подвержены ненасыщенные жирные кислоты. Этот процесс связывают с действием липаз окислительного фермента липоксигеназы, а также липаз микроорганизмов стартовых культур.

Основными продуктами окислительного липолиза являются конъюгированные кислоты и гидроперекиси. Активность окислительных ферментов зависит от температуры, pH и концентрации поваренной соли. Все эти факторы имеют место в технологии ферментированных ветчин. Образовавшиеся свободные жирные кислоты легко вступают в реакции окисления, что оказывает влияние на вкус и аромат изделий. Для изучения направленности и интенсивности развития липолиза и окисления в ветчинах контролировали содержание свободных жирных кислот, первичных и вторичных продуктов окисления (табл. 4).

Установлено существенное увеличение содержания свободных жирных кислот в процессе созревания в ветчинах обеих групп. Максимальный прирост кислот выявлен на стадии ферментации, температура которой способствует проявлению активности микроорганизмов стартовых культур. Кратковременный прогрев ветчин в термокамере приводит к дальнейшему увеличению количества свободных кислот.

По результатам сравнительной оценки можно говорить о том, что на каждой из контролируемых стадий процесс липолиза развивается более глубоко в ветчинах 1 группы (сырье 4 категории). По окончании ферментации количество свободных жирных кислот возрастает относительно исходного в 2,8 раза. После кратковременной сушки-прогрева – в 1,2 раза, после заключительной стадии сушки – в 1,6 раза. За период созревания количество свободных жирных кислот в ветчинах 1 группы увеличилось в 4,3 раза. Для ветчин из сырья от молодых животных общая тенденция в изменении содержания свободных жирных кислот аналогична. Общее количество свободных жирных кислот за весь цикл созревания увеличилось в 5,8 раза. Тем не менее, к моменту окончания процесса созревания содержание свободных жирных кислот в ветчинах 1 группы оказалось больше, чем в ветчинах 2 группы на 18,0 %.



Стадии технологического процесса: 1 – начало процесса; 2 – ферментация; 3 – сушка-прогрев; 4 – сушка в камере (6 сут); 5 – сушка в камере (12 сут)

Рисунок 1. Изменение потерь массы, pH и активности воды при созревании ветчин

Figure 1. Weight loss, pH, and water activity during fermentation

Таблица 4. Показатели изменения жировой фракции ветчин при созревании

Table 4. Indicators of changes in the fat fraction of pork during fermentation

Стадия технологического процесса	Свободные жирные кислоты, % олеиновой кислоты		Перекисное число, моль/кг $\frac{1}{2}$ O		Тиобарбитуровое число, мг малонового альдегида/кг (ТБЧ)	
	МС	ММ	МС	ММ	МС	ММ
Начало процесса (0 ч)	1,84 ± 0,51	1,38 ± 0,32	4,4 ± 0,06	2,4 ± 0,08	0,70 ± 0,11	0,58 ± 0,06
Ферментация (48 ч)	5,32 ± 34,00	4,66 ± 0,16	6,9 ± 0,12	3,6 ± 0,11	1,41 ± 0,08	0,93 ± 0,07
Сушка-прогрев	6,18 ± 18,00	5,21 ± 0,27	7,2 ± 0,09	5,6 ± 0,06	1,58 ± 0,03	0,98 ± 0,05
Сушка в камере (6 суток)	6,38 ± 0,33	5,96 ± 0,41	8,1 ± 0,14	5,4 ± 0,10	1,87 ± 0,09	1,40 ± 0,10
Сушка в камере (12 суток)	9,84 ± 0,24	8,07 ± 0,21	8,9 ± 0,11	6,3 ± 0,09	2,11 ± 0,08	1,87 ± 0,09

Полученные результаты согласуются с данными многочисленных исследований, отражающие динамику накопления продуктов липолиза по отдельным стадиям ферментации/созревания, которую в значительной мере связывают с действием липолитических ферментов стартовых культур микроорганизмов [13, 19]. В выполненном эксперименте для ферментации ветчин обеих групп использованы одинаковые стартовые культуры. Различия в содержании свободных жирных кислот в процессе ферментации/созревания следует объяснять особенностями жирнокислотного состава исходных рецептов. В процесс липолиза вовлекаются олеиновая и линолевая кислоты, разница в содержании которых для исследуемых рецептов незначительная, но количество линолевой кислоты больше в ветчинах 2 группы из мяса молодняка. Поэтому различия в содержании свободных жирных кислот в ветчинах 1 и 2 групп имеют место и достоверны ( $P < 0,05$ ), а абсолютные значения показателей сопоставимы между собой.

Липолиз и окисление – это взаимосвязанные процессы. Количество и состав жирных кислот может оказать существенное влияние на скорость и глубину их последующего окисления. Результаты определения первичных и вторичных продуктов окисления приведены в таблице 3

Согласно представленным данным содержание перекисей в ветчинах из сырья 4 категории (1 группа) увеличивается к моменту окончания стадии ферментации, но на последующих стадиях созревания изменяется незначительно: с 6,9 моль/кг  $\frac{1}{2}$  O до 8,9 моль/кг  $\frac{1}{2}$  O. При этом значение перекисного числа остается в значениях, не превышающих нормативных с точки зрения окислительной порчи (менее 10 моль/кг  $\frac{1}{2}$  O). В ветчинах из сырья 2 категории (2 группа) количество первичных продуктов окисления на каждой из стадий меньше, чем в ветчинах 1 группы. Это объясняется меньшим суммарным содержанием в них полиненасыщенных жирных кислот, которые сильнее подвержены окислению.

Величина перекисного числа позволяет судить о степени окисления жиров, но с определенным допуском, так как перекиси и гидроперекиси очень лабильны, активны и быстро вступают в реакции с

образованием вторичных продуктов. Поэтому низкие значения перекисного числа могут быть результатом их расходования после достижения высоких концентраций и соответствовать даже прогорклым продуктам. Одновременно с первичными следует определять вторичные продукты окисления и проводить органолептическую оценку образцов с целью выявления несвойственного запаха.

В выполненном исследовании для определения вторичных продуктов использован тест с 2-тиобарбитуровой кислотой, который заключается в определении содержания малонового альдегида (МА). Малоновый альдегид признанный маркер процесса окисления, развивающегося с образованием различных веществ, включая альдегиды, кетоны, полимеры (показатель ТБЧ). Повышение ТБЧ свидетельствует об устойчивом накоплении продуктов окисления, хотя возможны вариации, обусловленные взаимодействием МА с сахарами, нитритом натрия, свободными аминокислотами.

Результаты определения содержания малонового альдегида для ветчин первой (рецептура МС) и второй групп (ММ) по стадиям процесса ферментации/созревания приведены в таблице 4. Из данных следует, что в ветчинах первой группы (МС) обнаруживается больше вторичных продуктов окисления. Показатель ТБЧ для них непрерывно повышается. Наибольший прирост соответствует окончанию стадии ферментации (48 ч), на которой показатель увеличился практически в 2 раза. На момент окончания созревания значение ТБЧ составляет 2,11 мг МА/кг образца. Аналогичная зависимость в изменении показателя ТБЧ выявлена для ветчин второй группы (рецептура ММ). Конечное значение ТБЧ равно 1,87 мг МА/кг образца. Результаты определения ТБЧ согласуются с данными определения свободных жирных кислот и с высокой степенью вероятности могут быть объяснены повышенным содержанием длинноцепочных жирных кислот. Существует мнение, что степень окисления жировой фазы не следует напрямую связывать с содержанием длинноцепочных полиненасыщенных кислот [20, 21].

Данные определения ТБЧ следует анализировать, учитывая роль вторичных продуктов в формировании



Таблица 5. Формирование цвета ферментированных ветчин по стадиям процесса

Table 5. Color formation in fermented ham by stage

Показатели цвета исследуемых образцов	Исходная рецептура	Стадия технологического процесса				± SD
		ферментация	сушка-прогрев	сушка в камере в течение		
				6 сут	12 сут	
Светлота, L						
МС	55,40 <sup>bcden</sup>	58,34 <sup>acden</sup>	56,94 <sup>abden</sup>	47,87 <sup>abcen</sup>	41,78 <sup>abcdn</sup>	0,27
ММ	71,24 <sup>bcdem</sup>	73,26 <sup>acdem</sup>	70,39 <sup>abdem</sup>	64,12 <sup>abcem</sup>	62,38 <sup>abcdm</sup>	0,35
Краснота «а»						
МС	23,37 <sup>bcden</sup>	24,52 <sup>acden</sup>	22,34 <sup>abden</sup>	24,68 <sup>acem</sup>	25,11 <sup>abcdn</sup>	0,28
ММ	20,32 <sup>cem</sup>	20,17 <sup>cem</sup>	19,69 <sup>abdem</sup>	20,36 <sup>cem</sup>	22,69 <sup>abcdm</sup>	0,32
Синевя «b»						
МС	11,45 <sup>bcden</sup>	12,16 <sup>acden</sup>	13,08 <sup>abden</sup>	13,12 <sup>abem</sup>	15,71 <sup>abcdn</sup>	0,32
ММ	12,96 <sup>cdem</sup>	12,96 <sup>cdem</sup>	14,26 <sup>abdem</sup>	14,82 <sup>abcem</sup>	16,63 <sup>abcdm</sup>	0,42
Насыщенность, S						
МС	26,02 <sup>bden</sup>	27,36 <sup>acden</sup>	25,88 <sup>bden</sup>	27,95 <sup>abcem</sup>	29,62 <sup>abcdn</sup>	0,22
ММ	24,10 <sup>bdem</sup>	23,97 <sup>cdem</sup>	24,31 <sup>bden</sup>	25,18 <sup>abcem</sup>	28,13 <sup>abcdm</sup>	0,25
Цветовой тон, H						
МС	0,46 <sup>n</sup>	0,46	0,53 <sup>n</sup>	0,49 <sup>n</sup>	0,55 <sup>abn</sup>	0,08
ММ	0,57 <sup>cem</sup>	0,57 <sup>cem</sup>	0,63 <sup>abm</sup>	0,62 <sup>m</sup>	0,63 <sup>ab</sup>	0,05
Значения показателей <sup>a-e</sup> в строках значительно отличаются ( $P < 0,05$ ) Значения показателя <sup>m-n</sup> в столбцах значительно отличаются ( $P < 0,05$ )						

качества ферментированных продуктов. Количество вторичных продуктов контролировали тестом с 2-тиобарбитурой кислотой, который позволяет измерить продукты окисления ненасыщенных жирных кислот (показатель ТБЧ). Этим методом контролируется содержание малонового альдегида как маркера процесса окисления с образованием веществ с различными физико-химическими свойствами, включая альдегиды, кетоны, полимеры. Повышение значения ТБЧ свидетельствует об устойчивом росте продуктов окисления, хотя возможны вариации, обусловленные взаимодействием малонового альдегида с сахарами, нитритом натрия, аминокислотами.

С одной стороны, показатели ТБЧ участвуют в формировании вкуса и аромата ферментированных

продуктов, а с другой – могут привести к появлению несвойственных вкусо-ароматических свойств при превышении порогового значения, т. е. порче. I. Yılmaz с соавторами указывает на величину 0,22–0,450 мг/кг для продуктов, ферментируемых традиционным способом без участия стартовых культур. Для созревшего продукта она повышается до 0,405–0,705 мг МА/кг [22]. P. R. Sheard с соавторами в качестве границы рассматривают значение 0,5 мг МА/ кг [23]. С. Summo и др. для созревших сырокопченых колбас ускоренного созревания рассматривают более высокие значения – до 2,89 мг МА/кг [24]. Полученные значения ТБЧ соответствуют интервалу, который имеет место для ферментированных изделий ускоренного созревания. В дополнение к этим результатам, следует отметить,

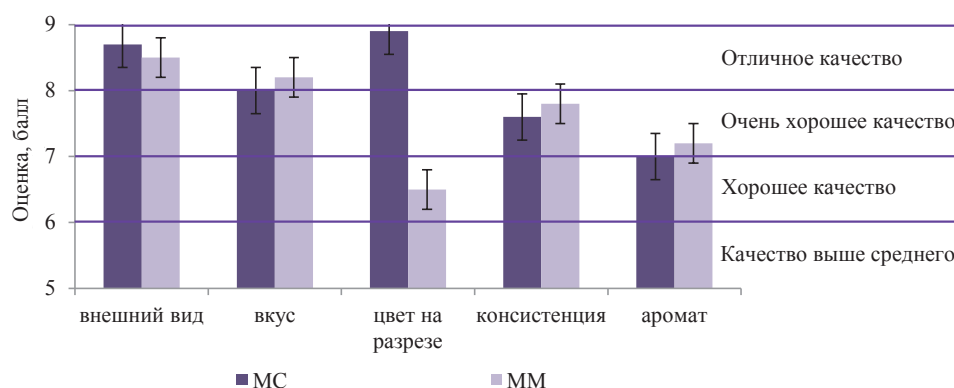


Рисунок 2. Результаты органолептической оценки ферментированных ветчин

Figure 2. Sensory evaluation of fermented ham

что при дегустационной оценке ветчин как первой группы (рецептура МС), так и второй группы (рецептура ММ), при достаточно высоких значениях ТБЧ экспертами не выявлено пороков вкуса и аромата (рис. 2).

Таким образом, при принятых условиях обработки процесс деградации липидов в ветчинах, изготовленных из сырья от разделки свиноматок с высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот, развивается контролируемо. Это доказывает возможность его использования при производстве ферментированных продуктов.

Развитие процессов окисления можно оценить также на основании измерения цвета продукта, т. к. процессы окисления и образования окраски ферментированных продуктов взаимосвязаны. Результаты инструментальной оценки качества окраски ветчин приведены в таблице 5.

Интенсивность образующейся окраски характеризует показатель светлоты, качество цвета хроматические координаты «а» и «b». Согласно полученным данным изменение светлоты ветчин первой и второй групп имеет одинаковую направленность. На момент окончания процесса ферментации (48 ч) светлота повышается, а на последующих стадиях снижается. Результаты изменения светлоты соответствуют данным, полученным другими исследователями [25, 26]. При этом выявлены существенные различия в абсолютных значениях светлоты между исследуемыми продуктами. Для ветчин из мяса свиноматок (рецептура МС) светлота оказалась ниже аналогичного показателя для рецептуры из мяса молодняка (ММ) на 33,0 %, что свидетельствует о более интенсивном цвете продукта.

Высокая интенсивность окраски ветчин рецептуры МС сочетается с высоким значением хроматической координаты «а», отражающей степень красноты в окраске. Красная составляющая остается постоянно высокой, изменяясь в интервале 23,37–25,11. Координата «b», указывающая на наличие желтого цвета, напротив, оказывается меньше, чем для рецептуры из мяса молодняка. Различия в значениях обеих хроматических координат между образцами достоверны ( $P < 0,05$ ). Значения показателя цветового тона свидетельствуют о принадлежности окраски ветчин МС к красной области в течение всего периода созревания, тогда как для ветчин ММ выявлено нарастание составляющих, которые характерны для желто-оранжевой области спектра. Цвет и вид батонов ветчин на разрезе представлен на рисунке 3.

Органолептическая оценка показала, что по консистенции, аромату, вкусу и внешнему виду ветчины из мяса от разделки свиноматок (рецептура МС) не уступают ветчинам, изготовлен-

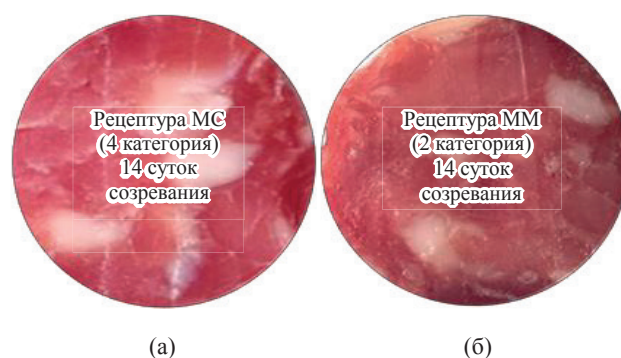


Рисунок 3. Вид на разрезе и цвет ферментированных ветчин из сырья от разделки свинины 4 категории (а) и 2 категории (б)

Figure 3. Sectional view and color of fermented ham obtained from pork of fourth (a) and second (b) category

ным из мяса молодняка (рис. 2). Однако по показателю цвета превосходят их.

Ветчины рецептуры МС имели традиционные органолептические свойства, характерные для данного вида продукции, а именно твердые, плотные, с характерным ароматом и умеренным кислым вкусом. По совокупности оценок по отдельным органолептическим показателям ветчины рецептуры МС соответствуют продукту очень хорошего качества.

### Выводы

Выполненное исследование показало, что процесс ферментации сырокопченых ветчин, изготовленных из сырья от разделки тяжеловесных туш свиноматок, развивается традиционно. Об этом свидетельствуют результаты определения активной кислотности, потерь массы и активности воды. Ферментированные ветчины характеризуются высоким содержанием белка, чем у ветчины, изготовленной из мяса молодняка в аналогичных условиях. Особенности жирнокислотного состава фарша ветчин способствуют более интенсивному развитию процесса деградации липидов. Об этом свидетельствуют результаты определения свободных жирных кислот, первичных и вторичных продуктов окисления. Однако эти изменения не оказали негативного влияние на органолептические свойства ветчин и показатели безопасности.

Полученные данные доказывают целесообразность использования мяса от разделки свиноматок (свинина 4 категории) в технологии ферментированных продуктов, которые относятся к изделиям высокого качества.

### Критерии авторства

Г. В. Гуринович руководила проектом. К. В. Малютин, С. А. Серегин и И. С. Патракова принимали участие в проведении исследований, обработке данных, написании и корректировке статьи.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

lyutina, S.A. Seregin and I.S. Patrakova performed the research, processed the data, and prepared the manuscript.

#### Conflict of interest

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

#### Contribution

G.V. Gurinovich supervised the project. K.V. Ma-

#### Список литературы

1. Influencedu poids a l'abattage du porc entre 25 et 140 kg de poids vif sur la composition chimique de la carcasse: effets du genotype et du sexe / J. Tibau, J. Gonzalez, J. Soler [et al.] // Journees de la Recherche Porcine. – 2002. – Vol. 34. – P. 121–127.
2. Lipid composition of covering and intramuscular fat in pigs at different slaughter age / D. P. Lo Fiego, P. Macchioni, G. Minelli [et al.] // Italian Journal of Animal Science. – 2010. – Vol. 9, № 2. – P. 200–205. DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e39>.
3. Chaijan, M. Mechanism of oxidation in foods of animal origin / M. Chaijan, W. Panpipat // Natural antioxidants. Applications in foods of animal origin // R. Banerjee, A. K. Verma, M. W. Siddiqui. – New York : Apple Academic Press, 2017. – P. 1–38. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315365916>.
4. Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique / R. Dominguez, L. Purrinos, C. Perez-Santaescolastica [et al.] // Food Analytical Methods. – 2019. – Vol. 12, № 6. – P. 1263–1284. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01491-x>.
5. Lorenzo, J. M. Volatile compounds of Celta dry-cured “Iacón” as affected by cross-breeding with Duroc and Landrace genotypes / J. M. Lorenzo, S. Fonseca // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2014. – Vol. 94, № 14. – P. 2978–2985. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6643>.
6. Lorenzo, J. M. Changes on physico-chemical, textural, lipolysis and volatile compounds during the manufacture of dry-cured foal “cecina” / J. M. Lorenzo // Meat Science. – 2014. – Vol. 96, № 1. – P. 256–263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.026>.
7. Zhou, G. H. Biochemical changes during processing of traditional Jinhua ham / G. H. Zhou, G. M. Zhao // Meat Science. – 2007. – Vol. 77, № 1. – P. 114–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.028>.
8. Prosekov, A. Yu. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents / A. Yu. Prosekov, O. V. Mudrikova, O. O. Babich // Journal of Analytical Chemistry. – 2012. – Vol. 67, № 5. – P. 474–477. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1061934812030100>.
9. Min, B. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products – A review / B. Min, D. U. Ahn // Food Science and Biotechnology. – 2005. – Vol. 14, № 1. – P. 152–163.
10. Influence of various pork fat types on the ripening and characteristics of dry fermented sausage/ J. Kamenik, P. Steinhauserova, A. Salakova [et al.] // Czech Journal of Food Sciences. – 2013. – Vol. 31, № 5. – P. 419–431. DOI: <https://doi.org/10.17221/227/2012-CJFS>.
11. Effects of breed and age at slaughter on degradation of muscle lipids during processing of dry-cured hams / L. Storrustlokken, H. M. Devle, L. E. Gangsei [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 50, № 8. – P. 1933–1943. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12845>.
12. Малютина, К. В. Изучение состава и технологических свойств свинины четвертой категории, предназначенной для промышленной переработки / К. В. Малютина, Г. В. Гуринович // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 46, № 3. – С. 61–66.
13. Lipolytic changes in fermented sausages produced with Turkey meat: effects of starter culture and heat treatment / B. Karslioglu, U. E. Cicek, N. Kolsarici [et al.] // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. – 2014. – Vol. 34, № 1. – P. 40–48. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.1.40>.
14. Effects of fatty acids on meat quality: a review / J. D. Wood, R. I. Richardson, G. R. Nute [et al.] // Meat Science. – 2003. – Vol. 66, № 1. – P. 21–32. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6).
15. GC/MS analysis of fatty acids in Italian dry fermented sausages / A. Liguori, E. L. Belsito, M. L. Di Gioia [et al.] // The Open Food Science Journal. – 2015. – Vol. 9. – P. 5–13.
16. The impact of ripening time on technological quality traits, chemical change and sensory characteristics of dry-cured loin / P. N. Seong, K. M. Park, G. H. Kang [et al.] // Asian-Australasian Journal of Animal Sciences. – 2015. – Vol. 28, № 5. – P. 677–685. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0789>.
17. Bozkurt, H. Effects of starter cultures and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk) / H. Bozkurt, O. Erkmen // Meat Science. – 2002. – Vol. 61, № 2. – P. 149–156. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00176-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00176-0).
18. Лисицын, А. Б. Основные факторы повышения стойкости мясных продуктов к микробиологической порче / А. Б. Лисицын, А. А. Семенова, М. А. Цинпаев // Все о мясе. – 2007. – № 3. – С. 16–23.
19. Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits / A. Casaburi, R. Di Monaco, S. Cavella [et al.] // Food Microbiology. – 2008. – Vol. 25, № 2. – P. 335–347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.006>.

20. Dietary manipulation of muscle long-chain omega-3 and omega-6 fatty acids and sensory properties of lamb meat / E. N. Ponnampalam, A. J. Sinclair, A. R. Egan [et al.] // *Meat Science*. – 2002. – Vol. 60, № 2. – P. 125–132. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00113-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00113-9).
21. Performance, carcass traits, muscle fatty acid composition and meat sensory properties of male Mahabadi goat kids fed palm oil, soybean oil or fish oil / M. H. Najafi, S. Zeinoaldini, M. Ganjkhanelou [et al.] // *Meat Science*. – 2012. – Vol. 92, № 4. – P. 848–854. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.012>.
22. Yilmaz, I. Fermented meat products / I. Yilmaz, H. M. Velioglu // *Quality of meat and meat products / I. Yilmaz*. – Kerala : Transworld Research Network, 2009. – P. 99–114.
23. Shelf life and quality of pork and pork products with raised *n*-3 PUFA / P. R. Sheard, M. Enser, J. D. Wood [et al.] // *Meat Science*. – 2000. – Vol. 55, № 2. – P. 213–221. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00145-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00145-X).
24. Summo, C. Effect of vacuum-packaging storage on the quality level of ripened sausages / C. Summo, F. Caponio, A. Pasqualone // *Meat Science*. – 2006. – Vol. 74, № 2. – P. 249–254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.008>.
25. Evaluation of fermented sausages manufactured with reduced-fat and functional starter cultures on physicochemical, functional and flavor characteristics / Y. J. Kim, S. Y. Park, H. C. Lee [et al.] // *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. – 2014. – Vol. 34, № 3. – P. 346–354. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.3.346>.
26. Quality and shelf life of fermented lamb meat sausage with rosemary extract / T. J. Bowser, M. Mwavita, A. Al-Sakini [et al.] // *The Open Food Science Journal*. – 2014. – Vol. 8. – P. 22–31. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874256401408010022>.


### References

1. Tibau J, Gonzalez J, Soler J, Gispert M, Lizardo R, Mourot J. Influence du poids à l'abattage du porc entre 25 et 140 kg de poids vif sur la composition chimique de la carcasse: effets du genotype et du sexe [Influence of slaughter weight between 25 and 140 kg bodyweight on carcass chemical composition: effects of genotype and sex]. *Journées de la Recherche Porcine [Pig Research Days]*. 2002;34:121–127. (In Fr.).
2. Lo Fiego DP, Macchioni P, Minelli G, Santoro P. Lipid composition of covering and intramuscular fat in pigs at different slaughter age. *Italian Journal of Animal Science*. 2010;9(2):200–205. DOI: <https://doi.org/10.4081/ijas.2010.e39>.
3. Chaijan M, Panpipat W. Mechanism of oxidation in foods of animal origin. In: Banerjee R, Verma AK, Siddiqui MW, editors. *Natural antioxidants. Applications in foods of animal origin*. New York: Apple Academic Press; 2017. pp. 1–38. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315365916>.
4. Dominguez R, Purrinos L, Perez-Santaescloastica C, Pateiro M, Barba FJ, Tomasevic I, et al. Characterization of volatile compounds of dry-cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. *Food Analytical Methods*. 2019;12(6):1263–1284. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01491-x>.
5. Lorenzo JM, Fonseca S. Volatile compounds of Celta dry-cured “lacon” as affected by cross-breeding with Duroc and Landrace genotypes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2014;94(14):2978–2985. DOI: <https://doi.org/10.1002/jfsa.6643>.
6. Lorenzo JM. Changes on physico-chemical, textural, lipolysis and volatile compounds during the manufacture of dry-cured foal “cecina”. *Meat Science*. 2014;96(1):256–263. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.06.026>.
7. Zhou GH, Zhao GM. Biochemical changes during processing of traditional Jinhua ham. *Meat Science*. 2007;77(1):114–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.028>.
8. Prosekov AY, Mudrikova OV, Babich OO. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents. *Journal of Analytical Chemistry*. 2012;67(5):474–477. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1061934812030100>.
9. Min B, Ahn DU. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products – A review. *Food Science and Biotechnology*. 2005;14(1):152–163.
10. Kamenik J, Steinhäuserová P, Saláková A, Pavlík Z, Borilová G, Steinhäuser L, et al. Influence of various pork fat types on the ripening and characteristics of dry fermented sausage. *Czech Journal of Food Sciences*. 2013;31(5):419–431. DOI: <https://doi.org/10.17221/227/2012-CJFS>.
11. Storrustlokken L, Devle HM, Gangsei LE, Naess-Andresen CF, Egelanddal B, Alvseike O, et al. Effects of breed and age at slaughter on degradation of muscle lipids during processing of dry-cured hams. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015;50(8):1933–1943. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12845>.
12. Malyutina KV, Gurinovich GV. The study of composition and technological properties of pork of the fourth grade intended for commercial processing. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;46(3):61–66. (In Russ.).
13. Karslioglu B, Cicek UE, Kolsarici N, Candogan K. Lipolytic Changes in fermented sausages produced with Turkey meat: effects of starter culture and heat treatment. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2014;34(1):40–48. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.1.40>.
14. Wood JD, Richardson RI, Nute GR, Fisher AV, Campo MM, Kasapidou E, et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*. 2004;66(1):21–32. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6).
15. Liguori A, Belsito EL, Di Gioia ML, Leggio A, Malagrino F, Romio E, et al. GC/MS analysis of fatty acids in Italian dry fermented sausages. *The Open Food Science Journal*. 2015;9:5–13.

16. Seong PN, Park KM, Kang GH, Cho SH, Park BY, Ba HV. The impact of ripening time on technological quality traits, chemical change and sensory characteristics of dry-cured loin. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2015;28(5):677–685. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0789>.
17. Bozkurt H, Erkmen O. Effects of starter cultures and additives on the quality of Turkish style sausage (sucuk). *Meat Science*. 2002;61(2):149–156. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00176-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00176-0).
18. Lisitsyn AB, Semenova AA, Tsinpaev MA. Basic “hurdles” to bacterial deterioration of meat products. *All about meat*. 2007;(3):16–23. (In Russ.).
19. Casaburi A, Di Monaco R, Cavella S, Toldra F, Ercolini D, Villani F. Proteolytic and lipolytic starter cultures and their effect on traditional fermented sausages ripening and sensory traits. *Food Microbiology*. 2008;25(2):335–347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.006>.
20. Ponnampalam EN, Sinclair AJ, Egan AR, Ferrier GR, Leury BJ. Dietary manipulation of muscle long-chain omega-3 and omega-6 fatty acids and sensory properties of lamb meat. *Meat Science*. 2002;60(2):125–132. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00113-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00113-9).
21. Najafi MH, Zeinoaldini S, Ganjkanlou M, Mohammadi H, Hopkins DL, Ponnampalam EN. Performance, carcass traits, muscle fatty acid composition and meat sensory properties of male Mahabadi goat kids fed palm oil, soybean oil or fish oil. *Meat Science*. 2012;92(4):848–854. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.07.012>.
22. Yılmaz I, Velioglu HM. Fermented meat products. In: Yılmaz I, editor. *Quality of meat and meat products*. Kerala: Transworld Research Network; 2009. pp. 99–114.
23. Sheard PR, Enser M, Wood JD, Nute GR, Gill BP, Richardson RI. Shelf life and quality of pork and pork products with raised *n*-3 PUFA. *Meat Science*. 2000;55(2):213–221. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00145-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00145-X).
24. Summo C, Caponio F, Pasqualone A. Effect of vacuum-packaging storage on the quality level of ripened sausages. *Meat Science*. 2006;74(2):249–254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.008>.
25. Kim YJ, Park SY, Lee HC, Yoo SS, Oh SJ, Kim HS, et al. Evaluation of fermented sausages manufactured with reduced-fat and functional starter cultures on physicochemical, functional and flavor characteristics. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 2014;34(3):346–354. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.3.346>.
26. Bowser TJ, Mwavita M, Al-Sakini A, McGlynn W, Maness NO. Quality and shelf life of fermented lamb meat sausage with rosemary extract. *The Open Food Science Journal*. 2014;8:22–31. DOI: <https://doi.org/10.2174/1874256401408010022>.

#### Сведения об авторах


##### Гуринович Галина Васильевна

д-р. техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [meat@kemsu.ru](mailto:meat@kemsu.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7869-4151>


##### Малютина Ксения Владимировна

аспирант кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [meat@kemsu.ru](mailto:meat@kemsu.ru)

##### Серегин Сергей Александрович


канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [meat@kemsu.ru](mailto:meat@kemsu.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-3070-7755>

##### Патракова Ирина Сергеевна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии продуктов питания животного происхождения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [meat@kemsu.ru](mailto:meat@kemsu.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-6147-0899>

#### Information about the authors


##### Galina V. Gurinovich

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [meat@kemsu.ru](mailto:meat@kemsu.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7869-4151>


##### Kseniya V. Maljutina

Postgraduate Student of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [meat@kemsu.ru](mailto:meat@kemsu.ru)

##### Sergey A. Seregin

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [meat@kemsu.ru](mailto:meat@kemsu.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-3070-7755>

##### Irina S. Patrakova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology of Food Products of Animal Origin, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-57, e-mail: [meat@kemsu.ru](mailto:meat@kemsu.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-6147-0899>

## Оптимизация рецептуры бисквитного полуфабриката

Е. А. Маринина, М. К. Садыгова\*, Т. В. Кириллова, И. Ю. Каневская



Дата поступления в редакцию: 16.09.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный  
аграрный университет им. Н. И. Вавилова»,  
410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1

\*e-mail: [sadigova.madina@yandex.ru](mailto:sadigova.madina@yandex.ru)



© Е. А. Маринина, М. К. Садыгова, Т. В. Кириллова, И. Ю. Каневская, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Представлены результаты оптимизация рецептурных компонентов бисквитного полуфабриката с применением обобщенной функции желательности. Изучено влияние уменьшения количества сахара в рецептуре и замены муки пшеничной высшего сорта на муку из зерна светлозерной ржи на качество бисквитного полуфабриката.

**Объекты и методы исследования.** Опытные образцы бисквитного полуфабриката отличались по содержанию муки, сахара и различных видов зерна ржи. В работе использовались технологические добавки: эмульгатор «Овалет» (в количестве 1,5 % к массе муки) и порошок «Дуо» (в количестве 0,1 % к массе муки).

**Результаты и их обсуждение.** По результатам оптимизации наибольшее значение обобщенной функции желательности имеют образцы с заменой муки пшеничной высшего сорта на 30 % мукой из светлозерной ржи и на 100 % мукой из светлозерной ржи с уменьшением сахара на 40 %. Частные желательности по показателям массовая доля влаги, массовая доля общего сахара, энергетическая ценность и пенообразующая способность полуфабриката исследованных образцов выше, чем у контрольного образца.

**Выводы.** Разработанная рецептура бисквитного полуфабриката позволяет расширить ассортимент изделий функционального назначения.

**Ключевые слова.** Бисквит, полуфабрикат, светлозерная рожь, мука, функция желательности, оптимизация, влажность, углеводы, энергетическая ценность, пенообразующая способность

**Для цитирования:** Оптимизация рецептуры бисквитного полуфабриката / Е. А. Маринина, М. К. Садыгова, Т. В. Кириллова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 44–51. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-44-51>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Optimization Formulation of Semi-Finished Sponge Cake

Е.А. Marinina, М.К. Sadygova\*, Т.В. Kirillova, I.Yu. Kanevskaya

Received: September 09, 2019  
Accepted: March 03, 2020

Vavilov Saratov State Agrarian University,  
1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia

\*e-mail: [sadigova.madina@yandex.ru](mailto:sadigova.madina@yandex.ru)



© Е.А. Marinina, М.К. Sadygova, Т.В. Kirillova, I.Yu. Kanevskaya, 2020

### Abstract.

**Introduction.** The research improved the formulation of semi-finished sponge cake by using the method of generalized desirability function. Traditional components were substituted with new advantageous rye varieties of local selection. The main advantage of the rye variety “Memory to Bamyshhev” is that rye flour obtained from the whole grain of this variety has a lower trypsin inhibitor (1.7 mg/g) compared to flour from such varieties as “Saratov 6” (2.16 mg/g). Thus, the digestibility of the grain of this variety is higher by 0.26%. The rye can be used in baking to produce dietary breads, low-calorie bakery products with bran, and animal feed.

**Study objects and methods.** Cakes and pastries make 34.5% of the total volume of flour confectionery products. The study developed a new semi-finished sponge-cake product, which can serve as the basis for cakes and pastries. However, flour confectionery products are oversaturated with carbohydrates and fats, which increases their calorie content. A set of experiments was performed to study the effect of reducing the amount of sugar in the formulation and replacing wheat flour with rye flour on the quality of semi-finished sponge-cake product. A basic formulation for sponge cake was used as control sample. The test samples varied in content of sugar

and flour made from various types of rye. The technological additives included Ovalet emulsifier (1.5% to flour) and Duo baking powder (0.1% to flour). Emulsifier “OVALET SUPER” (Bakels, Sweden) is a pasty substance that consists of emulsifying agents, water, and stabilizers and acts as an improver, stabilizer, and structurizer designed for the production of semi-finished sponge cakes, rolls, muffins, and cookies. Duo baking powder is a special highly effective tool that does not contain tartaric acid. It can be used for the production of various varieties of bread and confectionery, e.g. biscuits, rolls, gingerbread, etc. The obtained dough was easy to process. The new formulation increased the volume and color of the product, as well as slowed down the process of hardening.

**Results and discussion.** The highest value of the generalized function of desirability belonged to the sample where white wheat flour was substituted with 30% of rye flour and the sample with 100% of rye flour with a 40% sugar reduction. According to the specific desirability indicators, the mass fraction of moisture, the mass fraction of total sugar, energy value, and foaming ability of the semi-finished product were higher than those of the control sample.

**Conclusion.** The developed formulation and technology can expand the range of functional products.

**Keywords.** Sponge cake, semi-finished product, light rye, flour, desirability function, optimization, humidity, carbohydrates, energy value, foaming ability, deformation index

**For citation:** Marinina EA, Sadygova MK, Kirillova TV, Kanevskaya IYu. Optimization Formulation of Semi-Finished Sponge Cake. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):44–51. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-44-51>.

### Введение

Ассортимент бисквитных полуфабрикатов, являющихся основой для тортов или пирожных, характеризуется большим разнообразием. В зависимости от рецептуры и способа изготовления существуют следующие виды бисквитов: классический, буше, бисквит с какао, бисквит с орехами, молочный, масляный и шифоновый [1].

Целью государственной политики в области здорового питания являются сохранение и укрепление здоровья населения, а также профилактика заболеваний, связанных с неправильным питанием. В мучных кондитерских изделиях наблюдается избыток жиров, углеводов и недостаточное содержание витаминов и минеральных веществ. Поэтому перед исследователями стоит задача повышения пищевой ценности мучных кондитерских изделий с целью расширения ассортимента продуктов функционального назначения [2–17].

При разработке ассортимента продуктов для здорового питания необходимо учитывать и рационально использовать региональные сырьевые ресурсы. Селекционерами ФГБНУ «НИИСХ Юго-Востока» выведен новый сорт светлозерной ржи – «Памяти Бамбышева». Он отличается по цвету от зерна традиционно возделываемого сорта «Саратовская 6» (рис. 1).

В качестве рецептурного компонента рассматривается перспективное сырье – мука из светлозерной ржи сорта «Памяти Бамбышева» Саратовской селекции. По данным ученых НИИСХ Юго-Востока, основным преимуществом сорта «Памяти Бамбышева» является то, что в ржаной муке из цельносмолотого зерна содержание ингибитора трипсина (1,7 мг/г) ниже, чем в муке из зерна зеленозерного сорта «Саратовской 6» (2,16 мг/г), поэтому перевариваемости зерна этого сорта выше на 0,26 %. Данное преимущество позволяет использовать новый сорт ржи в хлебопечении как для производства диетических хлебцев, низкокалорийных хлебобулочных изделий с отру-

бями для определённых групп населения, так и для производства комбикормов для животноводства [18].

В условиях НИИСХ Юго-Востока зерно озимой ржи формируется с более низким содержанием белка, но сбалансированным по аминокислотному составу. Биологическая ценность белка сорта ржи «Памяти Бамбышева» выше на 9,7–13,7 % по сравнению с пшеничной мукой 1 сорта и ржаной обдирной [19].

Цель исследования – оптимизация рецептурных компонентов бисквитного полуфабриката с применением обобщенной функции желательности.

### Объекты и методы исследования

Исследования проводились в учебной лаборатории по хлебопекарному и кондитерскому производству кафедры технологии продуктов питания, в учебно-научно-испытательной лаборатории по определению качества пищевой и сельскохозяйственной продукции Саратовского ГАУ, в лаборатории качества зерна НИИСХ Юго-Востока.

В работе применяли следующее сырье: мука из белозерной ржи и ржаная обдирная мука по ГОСТ 7045-2017, мука хлебопекарная пшеничная высшего сорта по ГОСТ 26574-2017, сахар белый по



Рисунок 1. Зерно сортов ржи «Саратовская 6» (а) и «Памяти Бамбышева» (б)

Figure 1. Grain of rye varieties “Saratov 6” (a) and “Memory to Bambyshchev” (b)

Таблица 1. Варианты опыта

Table 1. Test variants

Наименование сырья	Контрольный вариант – 1	2	3	4	5	6
Мука пшеничная хлебопекарная в/с	100	70	70	70	70	–
Мука ржаная обдирная	–	–	30	–	30	–
Мука из светло-зерной ржи	–	30	–	30	–	100
Сахар	100	100	100	80	80	60

ГОСТ 33222-2015, яйца куриные пищевые (ГОСТ Р 57901-2017), технологические добавки: эмульгатор «Овалет» (в количестве 1,5 % к массе муки) и порошок «Дуо» (в количестве 0,1 % к массе муки). Эмульгатор «ОВАЛЕТ СУПЕР» – это улучшитель, стабилизатор и структурообразователь, предназначенный для производства бисквитных полуфабрикатов, рулетов, кексов и печенья. Выпускается в пастообразном виде. В состав входят: эмульгирующие агенты, вода и стабилизаторы. Пекарский порошок «Дуо» – это специальное высокоэффективное средство, для производства различных сортов хлебной мелочи и кондитерских изделий (бисквитов, рулетов, пряников и т. д.), не содержащее винной кислоты. В результате тесто легко обрабатывается в машинах, значительно увеличивается объём, цвет и замедляется процесс очерствения.

В качестве контрольного варианта использовали рецептуру бисквита основного. Опытные варианты различаются по содержанию в рецептуре сахара и муки из различных видов зерна ржи (табл. 1).

Оценка цвета мякиша бисквита была проведена на колориметре NR-110 (Китай). Пенообразующую способность (%) полуфабриката определяли как отношение высоты столба пены к высоте столба раствора рецептурных компонентов. Для оптимизации количества сахара и муки из белозерной

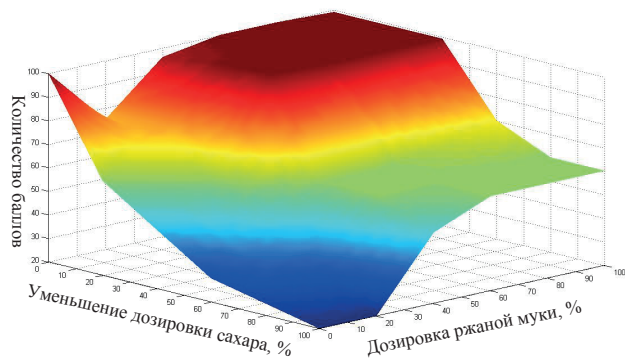


Рисунок 2. Результаты балльной оценки в зависимости от содержания муки из светлозерной ржи и уменьшения дозировки сахара

Figure 2. Scoring according to the content of rye flour and sugar reduction

Таблица 2. Результаты дегустационной оценки качества готовой продукции

Table 2. Tasting assessment of the quality of the finished product

Показатели качества	Коэффициент весомости показателя	Варианты опыта					
		Контроль	2	3	4	5	6
Внешний вид	4	20	20	20	20	20	20
Вид на разрезе	4	20	19	14	20	15	19
Вкус	4	18	18	13	20	16	20
Аромат	4	20	19	19	20	19	20
Текстура	4	20	20	18	20	18	20
Итого	–	98	96	84	100	88	99

ржи в рецептуре бисквитного полуфабриката готовые изделия анализировали по следующим показателям: цвет мякиша, массовая доля влаги, массовая доля общего сахара, массовая доля золы, индекс деформации бисквита, энергетическая ценность и пенообразующая способность полуфабриката. Для уменьшения влияния случайных ошибок измерения показателей проводились в трехкратной повторности. За окончательный результат принимали среднее арифметическое значение результатов определений.

Для оптимизации рецептурных компонентов выбрали комплексную балльную оценку показателей качества, определяемых органолептически по 100-балльной системе (табл. 2, рис. 2, 3).

При разработке рецептуры пищевого продукта приходится решать задачу многокритериальной оптимизации [20]. Эти задачи решаются с применением комплексных критериев оптимизации.

Одним из комплексных критериев является обобщенная функция желательности  $D$ , которая представляет собой среднее геометрическое частных желательностей отдельных показателей (откликов):

$$D = \sqrt[n]{d_1 d_2 \dots d_n} \quad (1)$$

где  $d_i$  – частные желательности  $i$  отклика,  $n$  – число откликов.

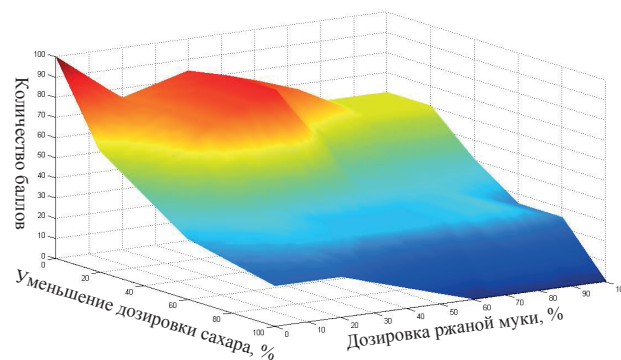


Рисунок 3. Результаты балльной оценки в зависимости от содержания ржаной муки и уменьшения дозировки сахара

Figure 3. Scoring according to the content of rye flour and sugar reduction



Таблица 3. Шкала желательности

Table 3. Desirability scale

Градации качества	Оценка по шкале желательности
Отлично	$0,80 \leq d < 1,00$
Хорошо	$0,63 \leq d < 0,80$
Удовлетворительно	$0,37 \leq d < 0,63$
Плохо	$0,20 \leq d < 0,37$
Очень плохо	$0,00 \leq d < 0,20$

Под «желательностью»  $d$  понимают тот или иной желательный уровень отклика. Величина  $d$  может меняться от 0 до 1 в соответствии с приведенной шкалой (табл. 3).

Если на показатели накладываются односторонние ограничения, то функция желательности имеет вид:

$$d_i = \exp(-e^{-y_i}) \quad (2)$$

где  $y_i$  – некоторая безразмерная величина, линейно связанная с натуральным показателем ( $x$ ).

Перевести значения размерных (натуральных) показателей ( $x$ ) качества бисквитных полуфабрикатов в безразмерные ( $y$ ) при линейной зависимости между ними можно по уравнению

$$y_i = a_0 + a_1 x_i \quad (3)$$

Прологарифмировав дважды уравнение (2), получим выражение для  $y_i$ :

$$y_i = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{d_i}} \quad (4)$$

Подставляя значения  $y_i$  в уравнение (3), получим:

$$a_0 + a_1 x_i = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{d_i}} \quad (5)$$

Составляем систему уравнений для известных значений  $x$  и  $d$ .

Решая совместно систему, найдем значения коэффициентов  $a_0$  и  $a_1$ . В результате получим уравнение линейной зависимости между исследуемым показателем и безразмерными значениями. По этому уравнению можно найти значение  $y$  для любого значения  $x$ , а по формуле (2) – показатель желательности.

В случае двухсторонних ограничений на параметры оптимизации, имеющих вид  $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$ , функция желательности находится по формуле (6):

$$d_i = \exp(-(|y_i|)^n) \quad (6)$$

где  $y_i$  – некоторая безразмерная величина, линейно связанная с натуральным показателем ( $x$ ),  $n$  – положительное число.

Для расчета  $y_i$  и  $n$  применяют выражения:

$$y_i = \frac{2x_i - (x_{\max} + x_{\min})}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (7)$$

$$n = \frac{\ln \ln \frac{1}{0,8}}{\ln |y_i|} \quad (8)$$

Связь между ( $x$ ) и ( $y$ ) устанавливаем с помощью реперных точек.

Реперные точки, установленные по две для каждого параметра, сведены в таблицу 4.

### Результаты и их обсуждение

Для параметра «цвет мякиша» с двусторонним ограничением  $45 \leq x \leq 75$  рассчитываем частную желательность по уравнению (6). Предварительно определяем  $y$  и  $n$  по выражениям (7) и (8). Для этого задаем значение светлости  $x = 56,88$  чему по шкале желательности соответствует  $d = 0,8$ . Тогда безразмерная величина  $y$  и показатель степени составят:

$$y = \frac{2 \cdot 56,88 - (75 + 45)}{75 - 45} = -0,208$$

$$n = \frac{\ln \ln \frac{1}{0,8}}{\ln |-0,208|} = 0,96 \quad (9)$$

На показатель «пенообразующая способность» наложено одностороннее ограничение  $x \geq 140$ . Подставляя значения реперных точек в формулу (5), получим систему уравнений:

$$\begin{cases} a_0 + 200a_1 = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{0,98}} \\ a_0 + 140a_1 = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{0,37}} \end{cases} \quad (10)$$

Таблица 4. Реперные точки

Table 4. Reference points

Реперные точки	Показатели													
	Цвет мякиша		Массовая доля влаги, %		Массовая доля общего сахара, %		Массовая доля золы, %		Индекс деформации		Энергетическая ценность, ккал		Пенообразующая способность, %	
$x$	45	75	38	31	60	48	0,79	0,97	3,7	2	400	300	140	200
$y$	-1	1	0,006	3,90	0,006	3,90	0,006	3,90	0,006	3,90	0,006	3,90	0,006	3,90
$d$	0,37	0,37	0,37	0,98	0,37	0,98	0,37	0,98	0,37	0,98	0,37	0,98	0,37	0,98

Таблица 6. Обобщенные по функции желательности отклики

Table 6. Responses summarized by desirability function

Образцы		Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Образец № 4	Образец № 5	Образец № 6	
Безразмерные показатели	Цвет мякиша	$y_1$	0,0053	-0,4746	-1,5413	-0,2080	-1,1646	-0,0133
	Массовая доля влаги, %	$y_2$	0,3950	2,4550	0,9520	3,8460	1,8425	2,3434
	Массовая доля общего сахара, %	$y_3$	-0,9682	-0,1565	-0,8059	3,0902	-0,4812	3,7720
	Массовая доля золы, %	$y_4$	1,9538	1,7373	0,0057	2,1703	-0,4270	3,9019
	Индекс деформации	$y_5$	3,1456	-0,9568	0,6475	-1,4381	0,0745	-1,5985
	Энергетическая ценность, ккал	$y_6$	-1,9150	2,4210	2,2655	3,1617	2,3435	3,8240
	Пенообразующая способность, %	$y_7$	0,6551	1,3045	-0,6436	2,2785	0,0058	3,9019
Частные желательности откликов	Цвет мякиша	$d_1$	0,9932	0,6121	0,2205	0,8000	0,3145	0,9839
	Массовая доля влаги, %	$d_2$	0,5100	0,9200	0,6800	0,9800	0,8534	0,90846
	Массовая доля общего сахара, %	$d_3$	0,0718	0,3105	0,1065	0,9555	0,1982	0,9772
	Массовая доля золы, %	$d_4$	0,8678	0,8386	0,3700	0,8921	0,21591	0,9800
	Индекс деформации	$d_5$	0,9579	0,0740	0,5925	0,0148	0,3953	0,0071
	Энергетическая ценность, ккал	$d_6$	0,0011	0,9150	0,9014	0,9585	0,9085	0,9784
	Пенообразующая способность, %	$d_7$	0,5949	0,7624	0,1491	0,9026	0,3700	0,9800
Обобщенная функция желательности D		D	0,2136	0,4976	0,3347	0,5065	0,3960	0,4796

Таблица 5. Натуральные значения откликов

Table 5. Natural response values

Образцы	Натуральные значения откликов						
	Цвет мякиша	Массовая доля влаги, %	Массовая доля общего сахара, %	Массовая доля золы, %	Индекс деформации	Энергетическая ценность, ккал	Пенообразующая способность, %
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$
ГОСТ 14621-78	60,08	37,30	63,00	0,88	2,33	449,30	150
С добавлением 30 % муки из белозерной ржи	52,88	33,60	60,50	0,87	4,12	338,01	160
С добавлением 30 % ржаной муки	36,88	36,30	62,50	0,79	3,42	342,00	130
С добавлением 30 % муки из белозерной ржи и уменьшение сахара на 20 %	56,88	31,10	50,50	0,89	4,33	319,00	175
С добавлением 30 % ржаной муки и уменьшение сахара на 20 %	42,53	34,70	61,50	0,77	3,67	340,00	140
С добавлением 100 % муки из белозерной ржи и уменьшение сахара на 40 %	59,80	33,80	48,40	0,97	4,40	302,00	200

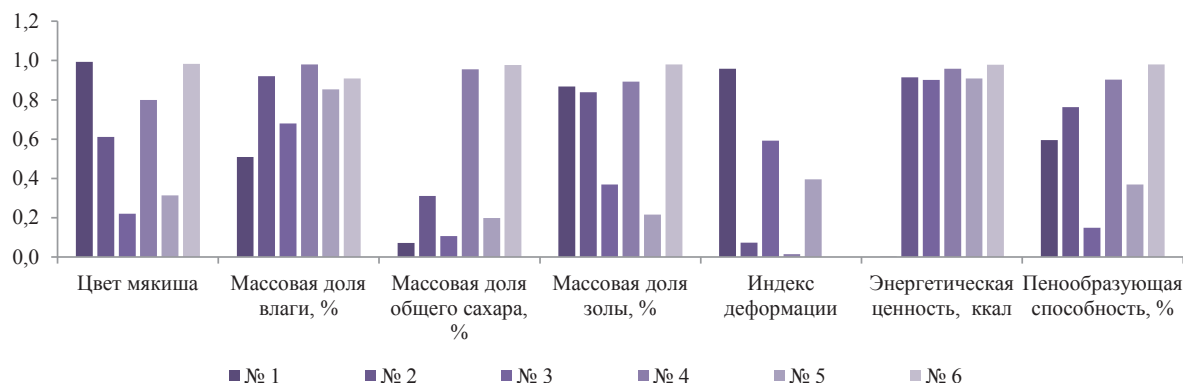


Рисунок 4. Значения частных желательностей откликов

Figure 4. Values of specific response desirabilities

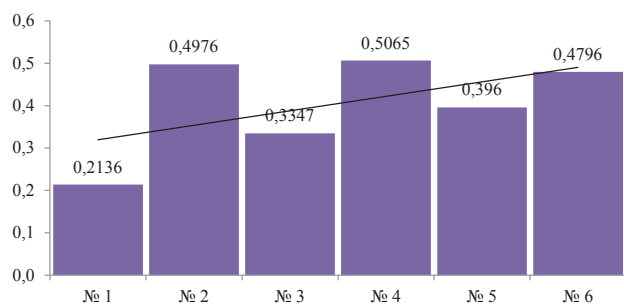


Рисунок 5. Значения обобщенной функции желательности

Figure 5. Values of the generalized desirability function

Решение системы позволяет получить уравнение линейной зависимости между значением пенообразующей способности и безразмерным значением стандартной оценки по шкале желательности в следующем виде:

$$y = -9,08 + 0,06x \quad (11)$$

Аналогично получим пять других уравнений для показателей с односторонними ограничениями.

Результаты проведенного исследования и расчетов представлены в таблицах 5, 6 и на рисунках 4, 5.

### Выводы

Наибольшее значение обобщенной функции желательности имеют образцы 2, 4 и 6 с заменой муки пшеничной высшего сорта на 30 % мукой из светлозерной ржи и на 100 % мукой из светлозерной ржи с уменьшением сахара на 40 %. При этом наблюдается высокая комплексная балльная оценка

качества изделий. Частные желательности по показателям массовая доля влаги, массовая доля общего сахара, энергетическая ценность и пенообразующая способность полуфабриката выделенных образцов выше, чем у контрольного образца.

Таким образом, замена пшеничной муки высшего сорта на муку из светлозерной ржи от 30 до 100 % в рецептуре бисквитного теста позволяет выработать изделия диетического назначения с пониженным содержанием углеводов. Научная новизна подтверждена патентом РФ № 2681228 «Способ производства бисквитного полуфабриката с технологическими добавками».

### Критерии авторства

М. К. Садыгова руководила проектом. Е. А. Маринина выполняла согласно плану исследований практическую часть. Т. В. Кириллова и И. Ю. Каневская отвечали за математическую обработку результатов исследования.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что между соавторами отсутствует конфликт интересов.

### Contribution

M.K. Sadygova supervised the project. E.A. Marinina performed the practical part. T.V. Kirillova and I.Yu. Kanevskaya were responsible for the mathematical processing of the results

### Conflict of interest

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

### Список литературы

1. Матвеева, Т. В. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технологии, рецептуры: монография / Т. В. Матвеева, С. Я. Корячкина. – Орел : ФГОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс», 2011. – 342 с.
2. Магомедов, Г. О. Создание пряников повышенной биологической ценности для спортсменов / Г. О. Магомедов, И. В. Плотникова, Д. С. Писаревский // *Хлебопродукты*. – 2018. – № 8. – С. 38–41.
3. Optimization of prescription composition of jelly masses using the Scheffe's simplex plan / G. O. Magomedov, A. A. Zhuravlev, L. A. Lobosova [et al.] // *Foods and Raw Materials*. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 71–78. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-71-78>.
4. Обоснование использования овощных добавок и оптимизация состава песочного теста методом регрессионного анализа / А. Р. Тугуш, М. К. Садыгова, И. Ю. Каневская [и др.] // *Аграрный научный журнал*. – 2018. – № 1. – С. 81–87.
5. Основные аспекты создания специализированных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста / С. Ю. Мистенева, Е. А. Солдатова, Н. А. Щербакова [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 413–422. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-413-422>.
6. Махаева, Л. А. Использование порошка облепихи в мучных кондитерских изделиях / Л. А. Махаева, Г. К. Селезнева // *Вестник КрасГАУ*. – 2017. – Т. 129, № 6. – С. 79–85.
7. Оптимизация рецептуры сдобного печенья с применением перспективных растительных обогатителей / Т. Н. Тертычная, Н. Н. Фомина, Е. Ю. Мануковская [и др.] // *Хлебопродукты*. – 2014. – № 9. – С. 55–57.
8. Аникиенко, Т. И. Международные органические стандарты DEMETER на хлебозаводах Германии / Т. И. Аникиенко // *Хлебопродукты*. – 2019. – № 7. – С. 30–31. DOI: <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-29-7-30-31>.
9. Влияние обогащенного экструдата кукурузы на реологические свойства мякиша хлеба / Х. А. Балуюн, В. В. Мартиросян, В. Д. Малкина [и др.] // *Хлебопечение России*. – 2017. – № 4. – С. 30–34.

10. Гайсина, В. А. Особенности реологических свойств теста с подсолнечной и кедровой мукой / В. А. Гайсина, Л. А. Козубаева, С. С. Кузьмина // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2016. – Т. 78, № 1. – С. 96–100. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-1-96-100>.
11. Хлебопекарные свойства пшеничной и ржаной муки из зерна урожая 2014–2015 гг. / Г. Ф. Дремучева, О. Е. Карчевская, Н. А. Киндра [и др.] // Хлебопечение России. – 2016. – № 4. – С. 16–19.
12. Леонова, С. А. Развитие системы оценки и формирования технологических свойств пшеницы от селекции до товарного производства и переработки: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01 / Леонова Светлана Александровна. – Москва, 2011. – 328 с.
13. Реологические характеристики сбивного бездрожжевого теста из цельнозернового зерна пшеницы / Г. О. Магомедов, Е. И. Пономарева, И. А. Алейник [и др.] // Хлебопродукты. – 2009. – № 1. – С. 48–49.
14. Пономарева, Е. И. Влияние обогатителей на реологические свойства теста из муки цельнозернового зерна пшеницы / Е. И. Пономарева, Л. В. Шторх // Известия высших учебных заведений. Пищевые технологии. – 2011. – Т. 323–324, № 5–6. – С. 54–57.
15. Итоги и перспективы адаптивной селекции яровой мягкой и озимой пшеницы в условиях засухи в Нижнем Поволжье (к 90-летию со дня рождения Л. Г. Ильиной) / Р. Г. Сайфуллин, А. Н. Маркелов, Г. А. Бекетова [и др.] // Аграрный вестник Юго-Востока. – 2014. – Т. 10–11, № 1–2. – С. 19–22.
16. Оценка свойств муки из зерна тритикале с использованием системы Миксолаб / Д. Г. Туляков, Е. П. Мелешкина, И. С. Витол [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 1. – С. 20–23.
17. Use of secondary raw material of animal products in the technology of production of bakery products based on wheat amaranth mixture / A. N. Shishkina, M. K. Sadygova, M. V. Belova [et al.] // Scientific Study and Research Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. – 2019. – Vol. 20, № 2. – P. 303–311.
18. Позднякова, О. Г. Разработка технологии производства кондитерских изделий функционального назначения / О. Г. Позднякова, Е. А. Егушова, Е. А. Тыщенко // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. – С. 90–95. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-90-95>.
19. Делекешев, А. Н. Светлозерная рожь сорта Памяти Бамбышева – перспективное сырье Саратовской селекции / А. Н. Делекешев, М. К. Садыгова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3. – С. 57–62.
20. Хлебные палочки повышенной пищевой ценности для ахлоридного питания / Е. И. Пономарева, А. Ю. Кривошеев, С. И. Лукина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 114–124. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-114-124>.

## References

1. Matveeva TV, Koryachkina SYa. Muchnye konditerskie izdeliya funktsional'nogo naznacheniya. Nauchnye osnovy, tekhnologii, retseptury: monografiya [Functional pastry. Scientific foundations, technologies, formulations: monograph]. Orel: State University – Educational, Scientific and Industrial Complex; 2011. 342 p. (In Russ.).
2. Magomedov GO, Plotnikova IV, Pisarevsky DS. Creation of gingerbread with increased biological value for athletes. Bread products. 2018;(8):38–41. (In Russ.).
3. Magomedov GO, Zhuravlev AA, Lobosova LA, Zhurakhova SN. Optimization of prescription composition of jelly masses using the Scheffe's simplex plan. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):71–78. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-71-78>.
4. Tugush AR, Kanevskaya IYu, Sadygova MK, Kirillova TV, Kontareva DD. Usage of the method of regression analysis to optimize the ad-mixtures in the recipe of shortbread. The Agrarian Scientific Journal. 2018;(1):81–87. (In Russ.).
5. Misteneva SYu, Soldatova EA, Shcherbakova NA, Gerasimov TV, Taleysnik MA. Effect of pumpkin husks on cracker dough fermentation. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):413–422. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-413-422>.
6. Makhaeva LA, Seleznyova GK. The use of sea buckthorn powder in pastry products. Bulletin of KSAU. 2017;129(6):79–85. (In Russ.).
7. Tertychnaya TN, Fonina NN, Manukovskaya EYu, Orobinskiy VI, Mazhulina IV. Optimize formulation pastry with promising herbal supplements. Bread products. 2014;(9):55–57. (In Russ.).
8. Anikienko TI. Analysis of the application of International standards DEMETER. Bread products. 2019;(7):30–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-29-7-30-31>.
9. Baluyan KhA, Martirosyan VV, Malkina VD, Zhirkova EV. The influence of enriched extrudate of corn on the rheological properties of crumb of bread. Baking in Russia. 2017;(4):30–34. (In Russ.).
10. Gaisina VA, Kozubaeva LA, Kuzmina SS. Features of the rheological properties of dough with sunflower and cedar flour. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2016;78(1):96–100. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2016-1-96-100>.
11. Dremucheva GF, Karchevskaya OE, Kindra NA, Smirnova SA. Baking properties of wheat and rye flour from grain harvest 2014–2015. Baking in Russia. 2016;(4):16–19. (In Russ.).

12. Leonova SA. Razvitiye sistemy otsenki i formirovaniya tekhnologicheskikh svoystv pshenitsy ot selektsii do tovarnogo proizvodstva i pererabotki [A new system for evaluation and formation of the technological properties of wheat from its selection to commodity production and processing]. Dr. eng. sci. diss. Barnaul: All-Russian Scientific and Research Institute for Grain and Products of its Processing; 2011. 328 p.

13. Magomedov GO, Ponomaryova EI, Aleynik I, Levin Yu. Reologicheskie kharakteristiki sbivnogo bezdrozhzhevogo testa iz muki tsel'nosmolotogo zerna pshenitsy [Rheological characteristics of a whipped yeast-free dough made from whole-ground wheat grain]. Bread products. 2009;(1):48–49. (In Russ.).

14. Ponomareva EI, Storkh LV. Influence of enrichers on the rheological properties of dough out of meal whole grain wheat. News of institutes of higher education. Food Technology. 2011;323–324(5–6):54–57. (In Russ.).

15. Saifullin RG, Markelov AN, Beketova GA, Ermakova EM. Results and prospects of adaptive breeding of spring bread and winter wheat under drought in the lower Volga region (to 90<sup>th</sup> anniversary of L.G. Ilyina). Agrarian Reporter of South-East. 2014;10–11(1–2):19–22. (In Russ.).

16. Tulyakov DG, Meleshkina EP, Vitol IS, Pankratov GN, Kandrov RKh. Evaluation of triticale grain flour based rheology system using Mixolab. Storage and Processing of Farm Products. 2017;(1):20–23. (In Russ.).

17. Shishkina AN, Sadygova MK, Belova MV, Astashov AN, Ivanova ZI. Use of secondary raw material of animal products in the technology of production of bakery products based on wheat amaranth mixture. Scientific Study and Research Chemistry and Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry. 2019;20(2):303–311.

18. Pozdnyakova OG, Egushova EA, Tyshchenko EA. Functional confectionery products: development of production process. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(3):90–95. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-90-95>.

19. Delekeshev AN, Sadygova MK. Light rye variety Memory of Bambyshev as promising raw material bred in Saratov. Journal of Michurinsk State Agrarian University. 2017;(3):57–62. (In Russ.).


20. Ponomareva EI, Krivosheev AYU, Lukina SI, Alekhina NN, Gabelko YeA, Agapov BL. Breadsticks with enhanced nutritional value for salt-free nutrition. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(1):114–124. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-1-114-124>.

#### Сведения об авторах

##### Маринина Екатерина Алексеевна

аспирант кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: avramenko@znakhleba.ru

##### Садьгова Мадина Карипуловна

д-р. техн. наук, доцент, профессор кафедры технологии продуктов питания, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru  <https://orcid.org/0000-0002-9918-852X>

##### Кириллова Татьяна Валерьяновна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры математики, механики и инженерной графики, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (8452) 69-25-32

##### Каневская Ирина Юрьевна


канд. сельхоз. наук, доцент, доцент кафедры математики, механики и инженерной графики, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова», 410012, Россия, г. Саратов, Театральная площадь, 1, тел.: +7 (8452) 69-25-32

#### Information about the authors

##### Ekaterina A. Marinina

Postgraduate Student of the Department of Food Technology, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: avramenko@znakhleba.ru

##### Madina K. Sadygova

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Food Technology, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (8452) 69-25-32, e-mail: sadigova.madina@yandex.ru  <https://orcid.org/0000-0002-9918-852X>

##### Tatiana V. Kirillova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (8452) 69-25-32

##### Irina Yu. Kanevskaya

Cand.Sci.(Agr.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics, Vavilov Saratov State Agrarian University, 1, Teatralnaya square, Saratov, 410012, Russia, phone: +7 (8452) 69-25-32

## Инкапсуляция порошка рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) полисахаридами растительного происхождения

И. В. Мацейчик<sup>1</sup>, Е. Г. Мартынова<sup>1,\*</sup>, С. М. Корпачева<sup>1</sup>, А. И. Штеер<sup>1</sup>,  
И. О. Ломовский<sup>2</sup>



<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,  
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

<sup>2</sup> ФГБУН «Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН»,  
630128, Россия, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18

Дата поступления в редакцию: 05.11.2019

Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: [liz.martynova@mail.ru](mailto:liz.martynova@mail.ru)



© И. В. Мацейчик, Е. Г. Мартынова, С. М. Корпачева, А. И. Штеер, И. О. Ломовский, 2019

### Аннотация.

**Введение.** На сегодняшний день в технологии создания пищевых продуктов функциональной направленности прослеживается стабильная тенденция к использованию естественного растительного сырья и продуктов его переработки. Местным растительным сырьем является рябина обыкновенная. В статье представлена возможность инкапсулирования горьких растительных экстрактов для создания функциональных ингредиентов.

**Объекты и методы исследования.** Растительный экстракт был получен из порошка инфракрасной (ИК) сушки рябины, произрастающей в естественных условиях в городе Новосибирск и Алтайском крае (даты сбора – сентябрь 2018 года и октябрь 2019 года). Рассматриваются и сравниваются параллельно две технологии инкапсуляции: распылительная и лиофильная сушки. Экспериментальным путем установлено соотношение капсулирующей матрицы и порошка ИК-сушки рябины. В качестве инкапсулирующих оболочек используются полисахариды – конжаковая и гуаровая камеди. В исходном экстракте рябины ИК-сушки и полученном инкапсулированном порошке определяли содержание антиоксидантов, флавоноидов, витамина С и β-каротина. Разработана рецептура творожного десерта с использованием инкапсулированной функциональной добавки.

**Результаты и их обсуждение.** Установлено, что инкапсуляция горького вещества в нейтральный полисахарид улучшает органолептические свойства конечного материала. Физико-химическая оценка качества подтвердила функциональность разработанного десерта с инкапсулированным порошком рябины. Он содержит более 15 % суточной физиологической потребности витамина С, β-каротина, антиоксидантов и флавоноидов.

**Выводы.** Впервые отработан и применен метод технологии инкапсуляции порошка рябины обыкновенной для создания продукта функционального назначения. Использование технологии инкапсуляции позволяет нивелировать вкус готового изделия, маскируя природную горечь добавленного сырья. Получен продукт с высокими органолептическими показателями без снижения пищевой ценности и общего содержания биологически активных веществ.

**Ключевые слова.** Функциональный продукт, инфракрасная сушка, инкапсуляция, распылительная сушка, лиофильная сушка, флавоноиды, антиоксидантная активность, витамин С, β-каротин

**Для цитирования:** Инкапсуляция порошка рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*) полисахаридами растительного происхождения / И. В. Мацейчик, Е. Г. Мартынова, С. М. Корпачева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 52–60. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-52-60>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Encapsulation of Powdered Rowanberries (*Sorbus aucuparia*) with Plant Polysaccharides

I.V. Matseychik<sup>1</sup>, E.G. Martynova<sup>1,\*</sup>, S.M. Korpacheva<sup>1</sup>,  
A.I. Shteer<sup>1</sup>, I.O. Lomovsky<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University,  
20, Karla Marksa Ave., Novosibirsk, 630073, Russia

<sup>2</sup> Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry –  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,  
18, Kutateladze Str., Novosibirsk, 630128, Russia

Received: November 05, 2019



## Abstract.

**Introduction.** Functional food industry has a stable tendency to use natural plant materials and products. The rowan thrives in Siberian conditions, which makes rowanberries a local raw material of plant origin. The article features the process of encapsulation of bitter plant extracts, which makes it possible to create new functional ingredients.

**Study objects and methods.** The plant extract was obtained from the powder of infrared-dried uncultivated rowanberries harvested in the city of Novosibirsk and the Altai Territory in September 2018 and October 2019. The research compared two parallel encapsulation technologies: spray and freeze drying. The encapsulating matrix vs. IR-dried powder ratio was established experimentally. Konjac and guar gum polysaccharides were used as encapsulating membranes. The content of antioxidants, flavonoids, vitamin C, and  $\beta$ -carotene was determined in the IR-dried rowanberry extract and encapsulated powder. A set of experiments made it possible to compile a new formulation of a cottage cheese dessert with encapsulated functional additive. The dessert was tested for various quality indicators that affect the physicochemical and rheological properties of the product, i.e. moisture, solids content, sugar content, vitamin C,  $\beta$ -carotene, antioxidant capacity, and biologically active flavonoids.

**Results and discussion.** Encapsulation significantly improved the sensory properties of the final material. The physicochemical quality assessment showed that a 1:1 dilution of rowan extract with a food polysaccharide did not affect the content of biologically active substances (with a tolerance of 8%). The physical and chemical quality assessment confirmed the functionality of the dessert: it contained > 15% of the daily physiological requirements of vitamin C,  $\beta$ -carotene, antioxidants, and flavonoids.

**Conclusion.** The paper introduces a novel method of rowan powder encapsulation, which was successfully applied to create a new functional product. The encapsulation technology made it possible to soften the natural bitterness of the raw material. The new functional product demonstrated excellent sensory properties and nutritional value.

**Keywords.** Functional product, infrared drying, encapsulation, spray drying, freeze drying, flavonoids, antioxidant capacity, vitamin C,  $\beta$ -carotene

**For citation:** Matseychik IV, Martynova EG, Korpacheva SM, Shteer AI, Lomovsky IO. Encapsulation of Powdered Rowanberries (*Sorbus aucuparia*) with Plant Polysaccharides. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):52–60. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-52-60>.

## Введение

В настоящее время в технологии создания пищевых продуктов прослеживается стабильная тенденция к использованию естественного растительного сырья и продуктов его переработки. В качестве основы для разработки нового ингредиента в данной работе предложено использовать рябину обыкновенную (*Sorbus L.*), которая широко распространена по всему Сибирскому региону [1].

Несмотря на широкое распространение рябины в условиях умеренного климатического пояса, она очень редко используется в продуктах общественного питания. Это связано с тем, что плоды рябины обыкновенной обладают горьким вкусом из-за наличия в них дубильных веществ [2].

Целью данной работы является использование технологии инкапсуляции для нивелирования горечи порошка инфракрасной сушки рябины обыкновенной.

## Объекты и методы исследования

Рябина и продукты ее переработки содержат целый комплекс биологически активных веществ, представленных биофлавоноидами ( $239,1 \pm 0,3$  мг%), антоцианами ( $105,4 \pm 0,4$  мг%), витамином С ( $377,4 \pm 0,3$  мг%),  $\beta$ -каротином ( $15,0 \pm 0,2$  мг%) и др. Рябина обладает высокой антиоксидантной активностью. АОА равна  $4,2 \pm 0,5$  мг кверцетина/г продукта [3].

Для сохранения биологической активности растительной добавки необходимо применять такой метод консервирования, как инфракрасная сушка, что особенно актуально для Сибирского региона [4].

Для нивелирования горького вкуса порошка рябины использовали технологию инкапсуляции – включение одного материала в другой, при котором образуются микрочастицы (рис. 1) [5].

Работу проводили совместно с ИХТТМ СО РАН. Для сравнения конечных результатов использовали две технологии инкапсуляции: распылительную и лиофильную сушки. Чтобы подобрать необходимое соотношение капсулирующей матрицы и вещества, определяли содержание водорастворимых веществ в экстракте рябины. Экстракт использовали в качестве исходного раствора для сушки.

Рябину обыкновенную подвергали сушке инфракрасным излучением (SEDONA Express

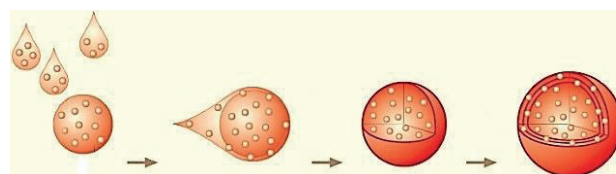


Рисунок 1. Инкапсуляция в потоке горячего воздуха

Figure 1. Encapsulation in a hot air stream

Таблица 1. Химический состав порошка ИК-сушки рябины

Table 1. Chemical composition of powdered IR-dried rowanberries

№	Показатели	Фактическое значение
1	Влажность, %	5,7 ± 0,01
2	Сырая зола, %	2,8 ± 0,04
3	Сахар, %	25,4 ± 0,21
4	Витамин С, мг/г	3,6 ± 0,29
5	β-каротин, мг/г	0,17 ± 0,10
6	Флавоноиды, мг/г	2,33 ± 0,02
7	Железо, мг/кг	102,0 ± 0,18
8	АОА, мкг кверцетина/г продукта	0,87 ± 0,02

SD-6780). Сушка производилась при  $t = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Остаточная влажность определялась на анализаторе влажности WPS 50 SX и не превышала 5,7 % [6].

Высушенный порошок был тонко измельчен на дезинтеграторе DESI-11 (14 000 об/мин). В результате интенсивной механической обработки был получен тонкодисперсный порошок кирпичного цвета. Средний размер частиц составил 70 мкм. Полученный продукт использовали в качестве эталонного образца, в котором определяли химический состав. Результаты анализов представлены в таблице 1.

Для дальнейшей работы в эталонном образце порошка установили содержание водорастворимых веществ. Экстракцию функциональных ингредиентов из сырья проводили водой в ультразвуковой ванне при соотношении твердое вещество:жидкость = 1:25. Выход экстракции водорастворимых веществ составил 76 % от массы сухого образца сравнения. Экстракт использовали в качестве исходного раствора для сушки [7].

Для инкапсуляции распылительной сушкой в качестве добавки использовали конжаковую камедь (конжаковый маннан, E425) – полисахарид растительного происхождения, состоящий из β-D-глюкозы (Г) и β-D-маннозы (М) в соотношении 1:1,6. Отличительным свойством данной камеди является её стабильность при высоких температурах.

Для инкапсуляции лиофильной сушкой использовали полисахарид гуаровую камедь (гуаровую смолу, E412), так как она сохраняет свои свойства при замораживании продукта и является хорошо растворимым веществом. Она представляет собой полимерное соединение, которое содержит остатки галактозы.

Подготовку двух полисахаридов осуществляли по одной схеме: разведение камеди в воде до загустения.

Экстракт рябины смешали с подготовленным раствором конжаковой камеди в соотношении 1:1. Далее провели распылительную сушку в Buchi B290 (температура воздуха на входе составила 130 °С, температура на выходе – 70 °С) (рис. 2) [8]. После процесса распыления образовавшиеся частицы были сферическими. Средний размер частиц составлял

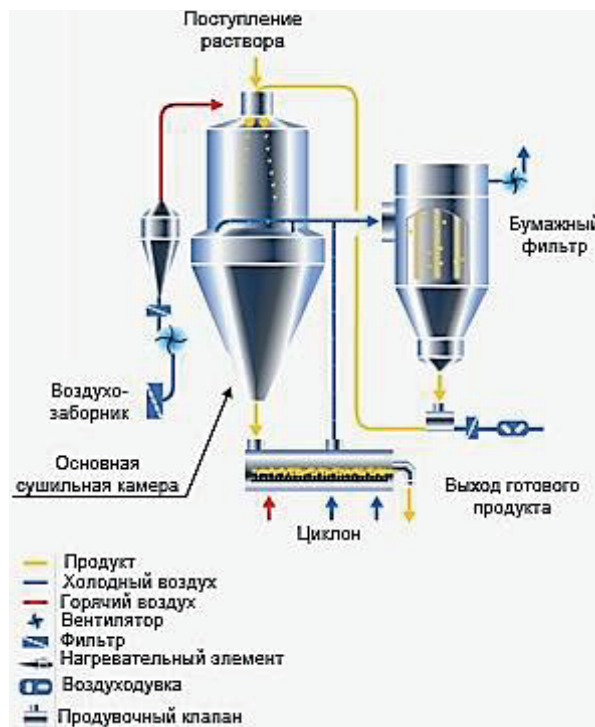


Рисунок 2. Принцип действия распылительной сушилки

Figure 2. Operation mode of the spray dryer

10 мкм [9].

В результате сушки был получен порошок кремового цвета с нейтральным вкусом. Однако его выход составил менее 15 % от ожидаемого результата. В связи с этим было принято решение отработать еще один метод инкапсуляции путем лиофильной сушки.

Для проведения лиофильной сушки экстракт рябины смешали с раствором гуаровой камеди в соотношениях 1:1 и 2:1.



Рисунок 3. Схема работы лиофильной сушилки: 1 – сушильная камера (сублиматор), 2 – пустотелая плита, 3 – противень, 4 – конденсатор-вымораживатель

Figure 3. Operational scheme of the freeze dryer: 1 – drying chamber (sublimator), 2 – hollow plate, 3 – metal sheet, 4 – condenser-freezer





Рисунок 4. Вкусовая профилограмма порошков рябины

Figure 4. Taste profile chart of powdered rowanberries

Сушка вымораживанием (лиофильная) осуществлялась с использованием Inei-4 при давлении в камере 3 Па и при температуре охладителя  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура образца не превышала  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис. 3). Рабочий раствор состоял из водного раствора гуаровой камеди и экстракта рябины [10].

Влажность продукта (0 %) и давление паров воды в камере (50 Па) символизировали конец сушки.

В результате был получен порошок кремового цвета с нейтральным вкусом и с выходом, близким к 100 % от ожидаемого. В дальнейшей работе был использован порошок после инкапсуляции лиофильной сушкой.

При проведении дегустационного анализа разработанных функциональных ингредиентов использовали дескрипторно-профильный метод, наглядно демонстрирующий высокие органолептические показатели порошка после инкапсуляции (рис. 4) [11].

Применение технологии инкапсулирования растительного экстракта рябины позволяет получить порошок с отсутствием горечи, резкости и терпкости в отличие от порошка рябины ИК-сушки.

Для подтверждения функциональных свойств порошков был проведен ряд исследований.

Таблица 2. Антиоксидантная активность порошков рябины

Table 2. Antioxidant activity of powdered rowanberries

Образец	АОА, мкг кверцетина/г продукта	
	2017 год	2018 год
Рябина исходная	$0,56 \pm 0,02$	$0,72 \pm 0,01$
Рябина после измельчения	$0,46 \pm 0,02$	$0,87 \pm 0,02$
Инкапсулированный порошок	$0,26^* \pm 0,01$	$0,64^* \pm 0,01$

\* с учетом разведения раствора рябины и полисахарида 2:1 АОА сохраняется примерно на прежнем уровне (с допуском 8 %).

\* at a 2:1 dilution ratio of the rowan solution with polysaccharide, the antioxidant activity remains at approximately the same level (with a tolerance of 8%).

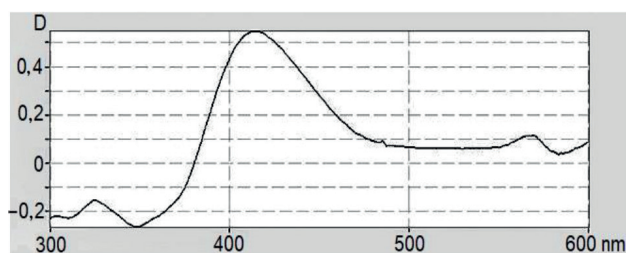


Рисунок 5. Зависимость оптической плотности раствора от длины волны

Figure 5. Effect of the wavelength on the optical density of the solution

Активность антиоксидантов измеряли с помощью жидкостного хроматографа Svet-Yauza 01-АА (табл. 2) [12, 13].

Повышение АОА связано с разрывом клеточных стенок ягод при их измельчении на дезинтеграторе. При определении данного показателя в порошке из рябины обыкновенной извлечено большее количество веществ, обладающих антиоксидантными свойствами.

Кроме того, был проведен сравнительный анализ содержания антиоксидантов в рябине в процессе ее хранения в течение года. Установлено, что антиоксидантная активность снижается при хранении в течение года. Однако в инкапсулированном порошке потери АО меньше. Это связано с тем, что внешняя оболочка инкапсулированного порошка, которая состоит из полисахарида, позволяет сохранить инкапсулированный ингредиент от окисления.

Для качественного определения биофлавоноидов была выбрана наиболее характерная реакция – с хлоридом алюминия (III), а для анализа комплексов – спектрофотометрический метод [14, 15].

Особенность методики заключается в том, что в качестве стандарта используют флавоноид – максимум поглощения комплекса которого наиболее соответствует максимуму поглощения комплекса с хлоридом алюминия исследуемого образца (рис. 5).

Полученные данные представлены в таблице 3.

Стандартными методами определили содержание флавоноидов, витамина С и  $\beta$ -каротина в ИК-порошке и инкапсулированном<sup>12</sup>. Полученные данные представлены в таблице 4.

Провели электронную микроскопию инкапсулированных порошков. В электронном микроскопе вместо света для построения изображения используют поток электронов в вакууме [16].

Объекты исследования в электронной микроскопии – твёрдые тела. В данной работе

<sup>1</sup> ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – М. : Издательство стандартов, 2018. – 10 с.

<sup>2</sup> ГОСТ Р 54058-2010. Продукты пищевые функциональные. Метод определения каротиноидов. – М. : Стандартинформ, 2011. – 8 с.

Таблица 3. Расчет содержания флавоноидов в экстракте рябины

Table 3. Flavonoid content in the rowanberry extract

Наименование параметра	Порошок ИК-сушки рябины	Инкапсулированный порошок
Оптическая плотность (D)	0,21 ± 0,03	0,14 ± 0,02
Концентрация (C)	9,00 ± 0,01	5,80 ± 0,01
Масса навески рябины, г	4,12 ± 0,10	3,11 ± 0,10
Масса флавоноидов, мг	9,00 ± 0,30	7,25 ± 0,30
Содержание флавоноидов, мг/г	4,24 ± 0,02	2,33* ± 0,02

\* с учетом разведения (2:1) общее количество флавоноидов сохраняется на прежнем уровне.

\* at a 2:1 dilution ratio, the total number of flavonoids does not change.

Таблица 4. Содержание витамина С и β-каротина в порошках рябины

Table 4. Vitamin C and β-carotene content in powdered rowanberries

Наименование образца	Витамин С, мг/г	β-каротин, мг/г
Порошок ИК-сушки рябины	3,62 ± 0,1	0,17 ± 0,1
Инкапсулируемый порошок	2,51* ± 0,1	0,13* ± 0,1

\* с учетом разведения (2:1) содержание витамина С и β-каротина также сохраняется на прежнем уровне.

\* at a 2:1 dilution ratio, the content of vitamin C and β-carotene does not change.

были исследованы инкапсулированные порошки (распылительная и лиофильная сушки) (рис. 6, 7).

Электронная микроскопия позволяет достичь наибольшего разрешения из всех доступных методов исследования биологических объектов.

С помощью электронного микроскопа в данной работе была исследована микроструктура твердых тел – инкапсулированных порошков – при увеличениях от 1 мм до 10 мкм. Установлено, что распылительная сушка позволяет получить частицы сферической формы. В случае лиофильной сушки частицы имеют форму листа с рваными краями.

### Результаты и их обсуждение

Учитывая полезные свойства исследуемых образцов, на кафедре технологии и организации пищевых производств Новосибирского государственного технического университета (ТОПП НГТУ) была разработана линейка творожных десертов функционального назначения с использованием порошка ИК-сушки рябины (2 %, 7 %) и инкапсулированного порошка (9 %, 14 %). Готовые образцы исследовались по органолептическим показателям качества (рис. 8, 9) [17].

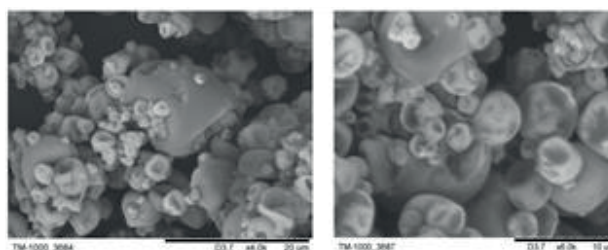


Рисунок 6. Электронная микроскопия инкапсулированного порошка (распылительная сушка)

Figure 6. Electron microscopy of the encapsulated powder (spray drying)

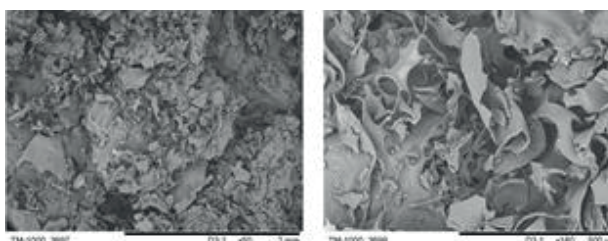


Рисунок 7. Электронная микроскопия инкапсулированного порошка (лиофильная сушка)

Figure 7. Electron microscopy of the encapsulated powder (freeze drying)

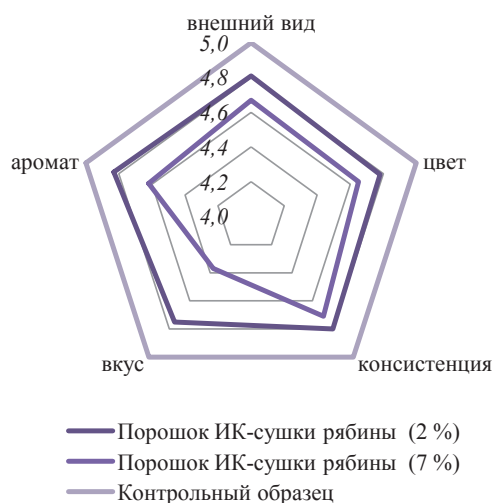


Рисунок 8. Органолептическая оценка качества творожных десертов с ИК-порошками рябины

Figure 8. Sensory evaluation of cottage cheese desserts with IR-dried powdered rowanberries

Творожный десерт с инкапсулированным порошком рябины отличается высокими органолептическими показателями, по сравнению с десертом, в котором использовали порошок ИК-сушки рябины. Проводя органолептический анализ качества только десертов с инкапсулированным порошком рябины, установлено, что творожный

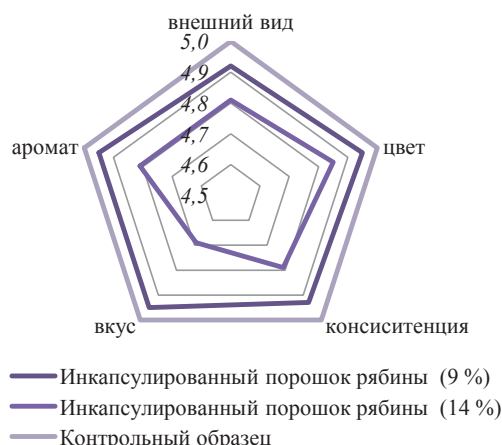


Рисунок 9. Органолептическая оценка качества творожных десертов с инкапсулированными порошками рябины

Figure 9. Sensory evaluation of cottage cheese desserts with IR-dried powdered rowanberries

десерт с использованием порошка в концентрации 9 % получил большее количество баллов. Для проведения физико-химической оценки качества использовали десерты с наилучшими органолептическими показателями (табл. 5).

Горький вкус порошка ИК-сушки рябины ограничивает его добавление в какой-либо пищевой продукт до 2 % [18]. Данное количество вносимого ингредиента не обеспечивает конечный продукт полезными свойствами. Таким образом, порошок ИК-сушки рябины не может использоваться в качестве ингредиента, повышающего функциональность. Этап инкапсуляции позволил ввести в продукт в 7 раз больше полезных компонентов и обеспечить необходимое содержание БАВ в конечном продукте. Однако при введении 14 % инкапсулированного 1:1 порошка наблюдается ухудшение консистенции, а при введении 9 % инкапсулированного 2:1 порошка оценка данного показателя выше. Полученный образец инкапсулированного творожного десерта содержит в своем составе антиоксиданты, витамин С, β-каротин и биологически активные флавоноиды.

### Выводы

Разработана технология получения инкапсулированных порошков рябины путем извлечения функциональных ингредиентов из сырья. Данный метод впервые применен для порошка инфракрасной сушки рябины обыкновенной. Использование технологии инкапсуляции позволяет нивелировать вкус готового изделия, маскируя природную горечь добавленного сырья. Получен продукт с высокими органолептическими показателями без снижения пищевой ценности и общего содержания биологически активных веществ.

Разработанный инкапсулированный порошок может быть применен как для создания пищевой

Таблица 5. Физико-химическая оценка качества творожных десертов

Table 5. Physical and chemical assessment of the quality of cottage cheese desserts

Параметр	Контрольный образец	Десерт с порошком ИК-сушки (2 %)	Десерт с инкапсулированным порошком (9 %)
Сухие вещества, г/100 г	69,89 ± 0,04	68,36 ± 0,04	68,32 ± 0,04
Кислотность, °Т	54,00 ± 0,50	72,00 ± 0,5	62,00 ± 0,5
Массовая доля золы, г/100 г	0,04 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,21 ± 0,3
Витамин С, мг/100 г	0,54 ± 0,02	6,17 ± 0,15	21,86 ± 0,2
β-каротин, мг/100 г	–	0,32 ± 0,02	1,01 ± 0,05
АОА, мг/100 г	0,06 ± 0,01	2,05 ± 0,08	5,30 ± 0,2
Флавоноиды, мг/100 г	–	4,48 ± 0,12	20,30 ± 0,2

продукции (сладких блюд, десертов на основе творога, напитков (соков, чаев и молочной продукции), в виде сухой смеси для выпечки печенья, кексов, бисквитов), так и для реализации в специализированных магазинах в качестве функционального ингредиента.

### Критерии авторства

Данный проект проводился под руководством И. В. Мацейчик, которая вместе с С. М. Корпачевой контролировала технологическую часть исследования, проводимую на кафедре технологии и организации пищевых производств НГТУ. Идея работы принадлежит И. В. Мацейчик и И. О. Ломовскому. Последний отвечал за проведение исследований в химической лаборатории Института химии твердого тела и механохимии СО РАН. Проведением химических опытов, отработкой получения инкапсулированного порошка и приготовлением на его основе творожного десерта занимались Е. Г. Мартынова и А. И. Штеер.

### Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution

The project was supervised by I.V. Matseychik, who controlled the technological part of the study together with S.M. Korpacheva at the Department of Technology and Organization of Food Production at Novosibirsk State Technical University. The idea of the project belonged to I.V. Matseychik and I.O. Lomovskiy. I.O. Lomovskiy was responsible for conducting research in the chemical laboratory of the Institute of Solid State Chemistry and

Mechanochemistry. E.G. Martynova and A.I. Shteer performed chemical experiments, encapsulated the powder, and prepared the cottage cheese dessert.

#### **Conflict of interest**

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

#### **Список литературы**

1. Soukand, R. Use of wild food plants / R. Soukand, R. Kalle // *Changes in the use of wild food plants in Estonia* / R. Soukand, R. Kalle. – Cham : Springer, 2016. – P. 29–136. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33949-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33949-8_5).
2. Исследование фенольных соединений экстрактов плодов рябины обыкновенной / Н. В. Исайкина, Н. Э. Коломиец, Н. Ю. Абрамец [и др.] // *Химия растительного сырья*. – 2017. – № 3. – С. 131–139. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcrpm.2017031777>.
3. Исследование химического состава плодов рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia*), произрастающей в Кемеровской области / Л. А. Остроумов, О. В. Кригер, К. В. Карчин [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2014. – Т. 35, № 4. – С. 38–42.
4. Совершенствование организации и формирования культуры здорового питания в образовательных учреждениях / Н. Н. Аширова, Е. С. Бычкова, А. А. Дриль [и др.]. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. – 266 с.
5. Encapsulation technologies for food industry / V. Dordevic, A. Paraskevopoulou, F. Mantzouridou [et al.] // *Emerging and traditional technologies for safe, healthy and quality food* / V. Nedović, P. Raspor, J. Lević [et al.]. – Springer, 2016. – P. 329–382. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24040-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24040-4_18).
6. Rigon, R. T. Microencapsulation by spray-drying of bioactive compounds extracted from blackberry (*Rubus fruticosus*) / R. T. Rigon, C. P. Zapata Noreña // *Journal of Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 53, № 3. – P. 1515–1524. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2111-x>.
7. Nielsen, S. Food analysis laboratory manual / S. Nielsen. – Springer, 2017. – P. 105–115. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6>.
8. Распылительная сушилка / И. Ю. Алексанян, Ю. А. Максименко, О. Е. Губа [и др.] // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. – 2015. – Т. 5, № 1. – С. 61–66.
9. Fang, Z. Spray drying of bioactives / Z. Fang, B. Bhandari // *Engineering foods for bioactives stability and delivery* / Y. H. Roos, Y. D. Livney. – New York : Springer, 2017. – P. 261–284. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6595-3>.
10. Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying / C. Yamashita, M. M. S. Chung, C. dos Santos [et al.] // *LWT – Food Science and Technology*. – 2017. – Vol. 84. – P. 256–262. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.063>.
11. de Kock, H. L. Sensory evaluation, an important tool for understanding food and consumers / H. L. de Kock // *Encyclopedia of food security and sustainability* / P. Ferranti, E. M. Berry, J. R. Andercon. – Elsevier, 2019. – P. 546–549.
12. Хасанов, В. В. Методы исследования антиоксидантов / В. В. Хасанов, Г. Л. Рыжова, Е. В. Мальцева // *Химия растительного сырья*. – 2004. – № 3. – С. 63–75.
13. HPLC of anthocyanins with an amperometric detector: Evaluation of the antioxidant activity / L. A. Deineka, S. L. Makarevich, V. I. Deineka [et al.] // *Journal of Analytical Chemistry*. – 2015. – Vol. 70, № 8. – P. 989–994. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1061934815080079>.
14. Лобанова, А. А. Исследование биологически активных флавоноидов в экстрактах из растительного сырья / А. А. Лобанова, В. В. Будаева, Г. В. Сакович // *Химия растительного сырья*. – 2004. – № 1. – С. 47–52.
15. Da Silva, L. A. L. Spectrophotometric determination of the total flavonoid content in *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae) leaves / L. A. L. Da Silva, B. R. Pezzini, L. Soares // *Pharmacognosy Magazine*. – 2015. – Vol. 11, № 41. – P. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.4103/0973-1296.149721>.
16. Морозова, К. Н. Электронная микроскопия в цитологических исследованиях / К. Н. Морозова. – Новосибирск : Новосибирский государственный университет, 2013. – 85 с.
17. Kumalasari, R. Quality assessment of physical and organoleptic instant corn rice on scale-up process / R. Kumalasari, R. Ekafitri, N. Indrianti // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2017. – Vol. 101, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/101/1/012025>.
18. Maceichik, I. V. The use of encapsulation technology for improvement of functional properties of curd desserts / I. V. Maceichik, I. O. Lomovskiy, E. G. Martynova // *Materials of the V international conference “Fundamental bases of mechanochemical technologies” / Novosibirsk National Research State University*. – Novosibirsk, 2018. – P. 150.


#### **References**

1. Soukand R, Kalle R. Use of wild food plants. In: Soukand R, Kalle R, editors. *Changes in the use of wild food plants in Estonia*. Cham: Springer; 2016. pp. 29–136. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-33949-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-33949-8_5).


2. Isaykina NV, Kolomiets NE, Abramets NY, Bondarchuk RA. Study of phenolic compounds in the extracts of berries of *Sorbus aucuparia*. Chemistry of plant raw material. 2017;(3):131–139. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.2017031777>.
3. Ostroumov LA, Kriger OV, Karchin KV, Shchetinin MP. Research of chemical composition of mountain ash (*Sorbus aucuparia*), growing in the Kemerovo region. Food Processing: Techniques and Technology. 2014;35(4):38–42. (In Russ.).
4. Ashirova NN, Bychkova ES, Dril' AA, Glavcheva SI, Korpachyova SM, Lomovskiy IO, et al. Sovershenstvovanie organizatsii i formirovanie kul'tury zdorovogo pitaniya v obrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh [Improving the organization and formation of a healthy eating culture in educational institutions]. Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University; 2016. 266 p. (In Russ.).
5. Dordevic V, Paraskevopoulou A, Mantzouridou F, Lalou S, Pantić M, Bugarski B, et al. Encapsulation technologies for food industry. In: Nedović V, Raspor P, Lević J, Šaponjac VT, Barbosa-Cánovas GV, editors. Emerging and traditional technologies for safe, healthy and quality food. Springer; 2016. pp. 329–382. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24040-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24040-4_18).
6. Rigon RT, Zapata Noreña CP. Microencapsulation by spray-drying of bioactive compounds extracted from blackberry (*rubus fruticosus*). Journal of Food Science and Technology. 2016;53(3):1515–1524. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2111-x>.
7. Nielsen S. Food analysis laboratory manual. Springer; 2017. pp. 105–115. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6>.
8. Aleksanyan IYu, Maksimenko YuA, Guba OE, Feklunova YuS. Spray dryer. Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food. 2015;5(1):61–66. (In Russ.).
9. Fang Z, Bhandari B. Spray drying of bioactives. In: Roos YH, Livney YD, editors. Engineering foods for bioactives stability and delivery. New York: Springer; 2017. pp. 261–284. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6595-3>.
10. Yamashita C, Chung MMS, dos Santos C, Mayer CRM, Moraes ICF, Branco IG. Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying. LWT – Food Science and Technology. 2017;84:256–262. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.063>.
11. de Kock HL. Sensory evaluation, an important tool for understanding food and consumers. In: Ferranti P, Berry EM, Andercon JR, editors. Encyclopedia of food security and sustainability. Elsevier; 2019. pp. 546–549.
12. Khasanov VV, Ryzhova GL, Mal'tseva EV. Metody issledovaniya antioksidantov [Antioxidant research methods]. Chemistry of plant raw material. 2004;(3):63–75. (In Russ.).
13. Deineka LA, Makarevich SL, Deineka VI, Chulkov AN. HPLC of anthocyanins with an amperometric detector: Evaluation of the antioxidant activity. Journal of Analytical Chemistry. 2015;70(8):989–994. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1061934815080079>.
14. Lobanova AA, Budaeva VV, Sakovich GV. Issledovanie biologicheskii aktivnykh flavonoidov v ehkstraktakh iz rastitel'nogo syr'ya [Biologically active flavonoids in plant extracts]. Chemistry of plant raw material. 2004;(1):47–52. (In Russ.).
15. Da Silva LAL, Pezzini BR, Soares L. Spectrophotometric determination of the total flavonoid content in *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae) leaves. Pharmacognosy Magazine. 2015;11(41):96–101. DOI: <https://doi.org/10.4103/0973-1296.149721>.
16. Morozova KN. Ehlektronnaya mikroskopiya v tsitologicheskikh issledovaniyakh [Electron microscopy in cytological studies]. Novosibirsk: Novosibirsk State University; 2013. 85 p. (In Russ.).
17. Kumalasari R, Ekafitri R, Indrianti N. Quality assessment of physical and organoleptic instant corn rice on scale-up process. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017;101(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/101/1/012025>.
18. Maceichik IV, Lomovskiy IO, Martynova EG. The use of encapsulation technology for improvement of functional properties of curd desserts. Materials of the V international conference “Fundamental bases of mechanochemical technologies”; 2018; Novosibirsk. Novosibirsk: Novosibirsk National Research State University; 2018. p. 150.

#### Сведения об авторах

##### Мацейчик Ирина Владимировна


канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации пищевых производств, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.: +7 (383) 346-07-68, e-mail: [ira.matseychik@mail.ru](mailto:ira.matseychik@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-7095-2790>

##### Мартынова Елизавета Георгиевна


магистрант кафедры технологии и организации пищевых производств, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.: +7 (913) 205-34-16, e-mail: [liz.martynova@mail.ru](mailto:liz.martynova@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-7549-0978>

#### Information about the authors


##### Irina V. Matseychik

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Food Industries, Novosibirsk State Technical University, 20, Karla Marksa Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, phone: +7 (383) 346-07-68, e-mail: [ira.matseychik@mail.ru](mailto:ira.matseychik@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-7095-2790>


##### Elizaveta G. Martynova

Undergraduate of the Department of Technology and Organization of Food Industries, Novosibirsk State Technical University, 20, Karla Marksa Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, phone: +7 (913) 205-34-16, e-mail: [liz.martynova@mail.ru](mailto:liz.martynova@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-7549-0978>


**Корпачева Светлана Михайловна**

старший преподаватель кафедры технологии и организации пищевых производств, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.: +7 (383) 346-07-68, e-mail: evtechova@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8005-4364>


**Штеер Ангелина Ильинична**

студент кафедры технологии и организации пищевых производств, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, e-mail: a.shteer@bk.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-9117-7877>


**Ломовский Игорь Олегович**

канд. хим. наук, старший научный сотрудник, исполнитель обязанностей заведующего лабораторией, ФГБУН «Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН», 630128, Россия, г. Новосибирск, ул. Кутателадзе, 18, тел.: +7 (923) 249-61-31, e-mail: lomovsky@solid.nsc.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8269-033X>


**Svetlana M. Korpacheva**

Senior Lecturer of the Department of Technology and Organization of Food Industries, Novosibirsk State Technical University, 20, Karla Marksa Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, phone: +7 (383) 346-07-68, e-mail: evtechova@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8005-4364>

**Angelina I. Shteer**

Student of the Department of Technology and Organization of Food Industries, Novosibirsk State Technical University, 20, Karla Marksa Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, e-mail: a.shteer@bk.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-9117-7877>

**Igor O. Lomovskiy**

Cand.Sci.(Chem.), Senior Research, Acting Head of the Laboratory, Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry – Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 18, Kutateladze Str., Novosibirsk, 630128, Russia, phone: +7 (923) 249-61-31, e-mail: lomovsky@solid.nsc.ru  
 <https://orcid.org/0000-0001-8269-033X>

## Использование экстракта и порошка кипрея узколистного в рецептуре хлебобулочных изделий

Е. В. Невская<sup>1,\*</sup>, А. Г. Зуева<sup>1</sup>, А. Г. Беляев<sup>2</sup>



<sup>1</sup> ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», 305040, Россия, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Дата поступления в редакцию: 05.11.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: katerinarose@mail.ru



© Е. В. Невская, А. Г. Зуева, А. Г. Беляев, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Перед современной пищевой промышленностью стоит проблема правильного и обоснованного применения недорогого, доступного и имеющего широкое распространение отечественного растительного сырья как важнейшего ресурса жизненно необходимых для организма человека веществ, а также разработка рецептур и технологий производства обогащенных продуктов питания функционального назначения с его использованием. Статья посвящена разработке и оценки качества хлеба пшеничного с добавлением кипрея узколистного.

**Объекты и методы исследования.** Образцы хлеба готовили из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта. Для приготовления экстракта и порошка кипрея использовали измельченную траву кипрея узколистного. Органолептические и физико-химические показатели качества образцов хлеба пшеничного определяли общепринятыми методами. Проводили оптимизацию рецептуры образцов хлеба пшеничного по органолептическим показателям с использованием функции желательности Харрингтона.

**Результаты и их обсуждение.** С помощью интервальных диапазонов значений обобщенной функции желательности установили, что значения данной функции для всех образцов хлеба пшеничного с продуктами кипрея узколистного находятся в диапазоне «хорошо» ( $D = 0,6927-0,6908$ ). При добавлении порошка кипрея узколистного содержание калия в 100 г хлеба увеличилось на 5–12 %, кальция – на 12–30 %, магния – на 3–7 %, фосфора – на 2–6 %. При внесении экстракта содержание калия и кальция увеличилось на 7 и 13 %, магния и фосфора на 4 %.

**Выводы.** Наилучшими параметрами оптимизации Харрингтона обладали образцы хлеба пшеничного с добавлением экстракта кипрея и с добавлением 3 % порошка. Физико-химические показатели при добавлении экстракта и 3 % порошка кипрея не ухудшились и отвечали требованиям стандарта. Пищевая ценность образцов хлеба пшеничного с добавлением кипрея узколистного повышалась за счет обогащения фосфором, магнием, кальцием и калием, содержащимися в кипрее.

**Ключевые слова.** Иван-чай, кипрей узколистный, хлеб пшеничный, экстракт, порошок, показатели качества

**Для цитирования:** Невская, Е. В. Использование экстракта и порошка кипрея узколистного в рецептуре хлебобулочных изделий / Е. В. Невская, А. Г. Зуева, А. Г. Беляев // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 61–69. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-61-69>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Extract and Powder of *Epilobium Angustifolium* in Bakery Products

E.V. Nevskaya<sup>1,\*</sup>, A.G. Zueva<sup>1</sup>, A.G. Belyaev<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol'shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia

<sup>2</sup> Southwest State Institute, 94, 50 let Oktyabrya Str., Kursk, 305040, Russia

Received: November 05, 2019  
Accepted: March 03, 2020

\*e-mail: katerinarose@mail.ru



© E.V. Nevskaya, A.G. Zueva, A.G. Belyaev, 2020

## Abstract.

**Introduction.** The modern food industry is currently facing the problem of the appropriate use of inexpensive and affordable domestic plant materials as an important source of vital substances. They can be used in formulations and production technologies of fortified functional foods. The present research featured the development and assessment of the quality of wheat bread fortified with willow weed (*Epilobium Angustifolium*).

**Study objects and methods.** Samples of wheat bread were prepared from wheat baking flour of the highest grade. The extract and powder were prepared from crushed grass of *Epilobium Angustifolium*. The sensory and physico-chemical quality indicators of wheat bread samples were determined by conventional methods. The Harrington desirability function was used to improve the sensory properties of the wheat bread samples.

**Results and discussion.** The interval ranges of values of the generalized desirability function were used to establish the values of this function for all samples of wheat bread fortified with *Epilobium Angustifolium*. The values proved to be in the range marked as “good”:  $D = 0.6927–0.6908$ . The powder of *Epilobium Angustifolium* increased the content of potassium in 100 g of bread by 5–12%, calcium – by 12–30%, magnesium – by 3–7%, and phosphorus – by 2–6%. When the extract was applied, the content of potassium and calcium increased by 7% and 13%, respectively, while the content of magnesium and phosphorus increased by 4%.

**Conclusion.** The extract of *Epilobium Angustifolium* fortified the samples of wheat bread with important mineral elements and increased their nutritional value. The physico-chemical indicators of the test samples did not deteriorate. The optimal dose of *Epilobium Angustifolium* powder was 3% vs. total flour mass. The sample of wheat bread with 3% of willow weed powder demonstrated good quality indicators, and its physico-chemical indicators met the requirements of the standard. The nutritional value of wheat bread samples fortified with *Epilobium Angustifolium* powder increased due to the larger content of phosphorus, magnesium, calcium, and potassium.

**Keywords.** *Chamaenerion*, *Epilobium Angustifolium*, wheat bread, extract, powder, quality indicators

**For citation:** Nevskaya EV, Zueva AG, Belyaev AG. Extract and Powder of *Epilobium Angustifolium* in Bakery Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):61–69. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-61-69>.

## Введение

Хлеб – ценный продукт питания, играющий важнейшую роль в физиологии питания человека. Высокая усвояемость хлеба, которой он характеризуется, обусловлена его мягкой консистенцией, химическим составом и доступным состоянием входящих в него пищевых веществ [1].

В соответствии с сегодняшним развитием науки о питании, современным мировоззрением общества и государственной политикой, направленной на улучшение здоровья населения, в настоящий момент ассортимент хлебобулочных изделий динамично расширяется за счет выработки изделий улучшенного качества, повышенной пищевой ценности, профилактического и диетического назначения.

В связи с этим особую актуальность и значимость для современной пищевой промышленности приобретает возможность правильного и обоснованного применения недорогого, доступного и имеющего широкое распространение отечественного растительного сырья как важнейшего ресурса жизненно необходимых для организма человека веществ, а также разработка рецептур и технологий производства обогащенных продуктов питания функционального назначения с его использованием. Одним из наиболее интересных лекарственных растений является кипрей узколистный или иван-чай [2–4].

В состав кипрея узколистного входят различные витамины и жизненно важные микроэлементы, принимающие участие в окислительно-восстановительных процессах, оказывающие иммуностимулирующее воздействие, влияющие на кроветворение и на активность витаминов в организме и имеющие

большую важность при заболеваниях крови, атеросклерозе, некоторых видах опухолей [5–7].

Сочетание в кипрее узколистном слизи и танинов пирогалловой группы имеет большое значение при лечении доброкачественной гиперплазии предстательной железы, воспалительных заболеваниях мочевого пузыря, простаты, желудка и почек, а также используется при нарушениях деятельности кишечника с целью ее нормализации. Входящие в состав кипрея пектиновые вещества и органические кислоты содействуют детоксикации организма человека [8–14].

Химический состав и лечебные свойства кипрея-узколистного описаны во многих отечественных и зарубежных научных трудах. Т. П. Кукина с соавторами проводила хроматомасс-спектрометрический анализ липофильных кислот вегетативных и генеративных органов иван-чая и выделила 36 алифатических и 5 тритерпеновых кислот, являющихся биологически активными веществами [15].

Н. П. Масютина и др., используя метод газожидкостной хроматографии (ГЖХ), выявили повышенное содержание в кипрее таких основных жирных кислот, как пальмитиновая, линолевая и арахидоновая [16].

В работе И. В. Полежаевой изучен химический и элементный состав надземной части кипрея узколистного. По полученным результатам исследования был сделан вывод о том, что кипрей содержит важные для человека макро- и микроэлементы и может применяться для обогащения пищевого сырья [17].

О. Oleshuk с соавторами в своих исследованиях установила, что кипрей, содержащий полифенольные



соединения, обладает антиоксидантной активностью и может быть потенциальным противоопухолевым натуральным продуктом. Противораковая активность лекарственного растения изучалась на гепатоцеллюлярной карциноме клетки человека [18].

А. Vitalone и др. оценивали влияние экстракта кипрея узколистного на клетки PZ-HPV-7. Он вызывал заметное ингибирование роста клеток. Наблюдаемый антипролиферативный эффект показал биологически значимое действие соединений кипрея при лечении доброкачественной гиперплазии предстательной железы [19].

В. Tita и др. в своей работе показали анальгетические свойства кипрея узколистного при помощи тестов горячей пластины и укусных корчей [20].

Таким образом, использование экстракта и порошка кипрея узколистного в рецептуре хлебобулочных изделий позволит расширить ассортимент, повысить биологическую и пищевую ценность изделий, а также обеспечит хорошие потребительские свойства продукта.

Цель работы – разработка и оценка качества хлебобулочных изделий с добавлением в рецептуру порошка и водного экстракта кипрея узколистного.

#### Объекты и методы исследования

Для проведения исследования использовали пшеничную хлебопекарную муку высшего сорта и измельченную траву кипрея узколистного, изготовленную в соответствии с ТУ 9197-014-40852492-10.

Приготовление порошка кипрея осуществлялось в лабораторном измельчителе. Экстрагирование водорастворимых веществ из листьев кипрея проводили настаиванием измельченной травы кипрея узколистного в течение 25 мин до постоянной концентрации сухих веществ в экстракте (2,1 %). Соотношение кипрея и воды составляло 1:2, воду использовали питьевую. Температура настаивания была равна  $90 \pm 2$  °С.

Тесто готовили по рецептуре, согласно ГОСТ 58233-2018, в лабораторных условиях опарным способом. Опару готовили из 45 % муки и 1 % дрожжей. Влажность опары составляла 45 %, продолжительность брожения – 210 мин. При замесе теста в опару вносили оставшуюся муку и 1,3 % соли. Продолжительность брожения теста составляла 60 мин, расстойка тестовых заготовок – 45 мин. При приготовлении опытных образцов хлеба пшеничного порошок кипрея узколистного вносили в количестве 3, 5 и 7 % взамен части муки. Экстракт вносили в количестве, которое полностью заменяло воду.

Оценку качества образцов хлеба пшеничного проводили, руководствуясь ГОСТ 58233-2018, по органолептическим и физико-химическим показателям, которые определяли общепринятыми методами: влажность мякиша по ГОСТ 21094-75,

кислотность мякиша по ГОСТ 5670-96, пористость мякиша по ГОСТ 5669-96. Пищевую ценность экстракта порошка кипрея узколистного и образцов хлеба пшеничного определяли расчетным путем. Для оптимизации рецептуры по органолептическим показателям использовали функцию желательности Харрингтона.

#### Результаты и их обсуждение

С целью установления оптимальной дозировки исследовали влияние различных концентраций порошка кипрея узколистного на качество опытных образцов хлеба пшеничного. На рисунке 1 представлены полученные образцы хлеба пшеничного в разрезе.

Органолептические свойства контрольного образца хлеба пшеничного и образца хлеба пшеничного с внесением экстракта кипрея узколистного представлены в таблице 1.

Сравнительная оценка органолептических показателей образцов хлеба пшеничного с добавлением порошка кипрея узколистного представлена в таблице 2.

Проведенный анализ показал, что внесение порошка кипрея узколистного в дозировке 5 % и более приводит к ухудшению органолептических показателей качества хлеба из пшеничной муки высшего сорта. У образцов хлеба из пшеничной муки наблюдалось ухудшение формы, вкуса и запаха, потемнение мякиша.

Анализ образцов хлеба пшеничного показал, что с увеличением количества вносимого порошка кипрея узколистного влажность мякиша образцов увеличивается. Массовая доля влаги в образцах с добавлением порошка кипрея узколистного

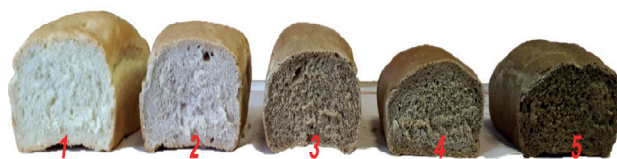


Рисунок 1. Опытные образцы хлеба пшеничного с внесением продуктов кипрея узколистного в разрезе: 1 – контрольный образец хлеба пшеничного; 2 – образец хлеба пшеничного с использованием экстракта кипрея узколистного; 3 – образец хлеба пшеничного с использованием 3 % порошка кипрея узколистного от общей массы муки; 4 – образец хлеба пшеничного с использованием 5 % порошка кипрея от общей массы муки; 5 – образец хлеба пшеничного с использованием 7 % порошка кипрея от общей массы муки

Figure 1. Sliced experimental samples of wheat bread fortified with willow weed: 1 – control sample; 2 – sample with willow weed extract; 3 – sample with 3% of willow weed powder vs. total flour mass; 4 – sample with 5% of willow weed powder vs. total flour mass; 5 – sample with 7% of willow weed powder vs. total flour mass

Таблица 1. Органолептическая оценка качества образцов хлеба пшеничного

Table 1. Sensory evaluation of the quality of wheat bread samples

Показатели качества	Нормы по ГОСТ 58233-2018	Контрольный образец хлеба пшеничного	Образец хлеба пшеничного с добавлением экстракта кипрея узколистного
Внешний вид: форма формового	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов	Соответствующая форме, в которой он выпекался, без боковых выплывов, с куполообразной верхней коркой	Соответствующая форме, в которой он выпекался, без боковых выплывов, с куполообразной верхней коркой
Поверхность	Без крупных трещин и подрывов, с наколами или надрезами или без них в соответствии с технологическими инструкциями	Гладкая, без крупных трещин и подрывов	Гладкая, без крупных трещин и подрывов
Цвет	От светло-желтого до темно-коричневого	Светло-желтый	Светло-коричневый
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш должен принимать первоначальную форму	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный	Пропеченный, не влажный на ощупь, эластичный
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений	Равномерно развитая, мелкая, тонкостенная	Равномерно развитая, мелкая, тонкостенная
Промес	Без комочков и следов непромеса	Без комочков и следов непромеса	Без комочков и следов непромеса
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделия с еле уловимым привкусом, характерным кипрею узколистному
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделия с еле уловимым запахом, характерным кипрею узколистному

возрастает за счет содержащихся в кипрее узколистном пектиновых веществ, которые, взаимодействуя с различными функциональными группами белков и крахмала, образуют термостойкие белково-полисахаридные комплексы, обладающие повышенной гидрофильной способностью. Это приводит к увеличению доли прочно связанной влаги в хлебобулочных изделиях из-за чего влага меньше теряется в процессе тестоведения, выпечки и хранения. В соответствии с требованиями ГОСТ 58233-2018 влажность мякиша хлеба пшеничного формового из муки высшего сорта составляет не более 45,0 %. При дозировке порошка более 5 % влажность мякиша образца хлеба пшеничного превышала данное значение, что вело к снижению качества изделия. При добавлении экстракта кипрея узколистного показатель влажности мякиша образца хлеба пшеничного оставался на том же уровне, что и в контрольном образце.

У всех опытных образцов хлеба пшеничного показатель кислотности мякиша соответствовал норме, установленной ГОСТ 58233-2018. Показатель кислотности мякиша хлебобулочных изделий обуславливается содержанием продуктов, образующихся в тесте в процессе спиртового и молочнокислого брожения. В результате внесения растительного сырья происходит увеличение количества питательных веществ, принимающих

непосредственное участие в процессе брожения. В связи с этим у образцов пшеничного хлеба с добавлением порошка кипрея узколистного отмечалось повышение кислотности мякиша.

Сравнительная характеристика физико-химических показателей контрольного образца хлеба пшеничного и образцов хлеба пшеничного с использованием продуктов кипрея узколистного представлена в таблице 3.

Пористость мякиша всех образцов хлеба пшеничного превышает минимальное значение, указанное в ГОСТ 58233-2018. Однако с добавлением порошка кипрея узколистного данный показатель начинает снижаться. Это обусловлено укрепляющим действием порошка на клейковину. В состав фитопорошков входят ферменты полифенолоксидазы и аскорбинооксидазы, оказывающие укрепляющее действие на клейковину, что приводит к снижению пористости хлебного мякиша. При взаимодействии белков пшеничной муки с восстанавливающими сахарами, содержащимися в порошке кипрея узколистного, образуются комплексные соединения, приводящие к возникновению углеводных мостиков, вызывающих упрочнение структуры белковых веществ клейковины.

Согласно методу построения обобщенной функции желательности переводили реальные значения параметров в единую безразмерную

Таблица 2. Органолептическая оценка качества образцов хлеба пшеничного с добавлением порошка кипрея узколистного

Table 2. Sensory evaluation of the quality of wheat bread samples fortified with willow weed powder

Показатели качества	Нормы по ГОСТ 58233-2018	Контрольный образец хлеба пшеничного	Образец хлеба пшеничного с добавлением 3 % порошка кипрея узколистного	Образец хлеба пшеничного с добавлением 5 % порошка кипрея узколистного	Образец хлеба пшеничного с добавлением 7 % порошка кипрея узколистного
1	2	3	4	5	6
Внешний вид: форма формового	Соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка, с несколько выпуклой верхней коркой, без боковых выплывов	Соответствующая форме, в которой он выпекался, без боковых выплывов, с куполообразной верхней коркой	Соответствующая форме, в которой он выпекался, с куполообразной верхней коркой, без боковых выплывов	Соответствующая форме в которой он выпекался, без боковых выплывов, с заметно выпуклой коркой	Соответствующая форме, в которой он выпекался, без боковых выплывов, с несколько выпуклой коркой
Поверхность	Без крупных трещин и подрывов, с наколами или надрезами или без них в соответствии с технологическими инструкциями	Гладкая, без крупных трещин и подрывов	Гладкая, без крупных трещин и подрывов с мало заметными включениями порошка кипрея	Шероховатая, без крупных трещин и подрывов с заметными включениями порошка кипрея	Шероховатая, без крупных трещин и подрывов с значительно заметными включениями порошка кипрея
Цвет	От светло-желтого до темно-коричневого	Светло-желтый	Светло-коричневый с серым оттенком	Коричневый с зеленым оттенком	Темно-коричневый
Состояние мякиша: пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный, после легкого надавливания пальцами мякиш должен принимать первоначальную форму	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный	Пропеченный, не влажный на ощупь. Эластичный
Пористость	Развитая, без пустот и уплотнений	Равномерно развитая, мелкая, тонкостенная	Равномерно развитая, тонкостенная с наличием мелких и средних пор с мало заметными включениями порошка кипрея	Равномерно развитая, тонкостенная с наличием мелких и средних пор с включениями порошка кипрея	Неравномерная, тонкостенная с наличием средних пор с включениями порошка кипрея
Промес	Без комочков и следов непромеса	Без комочков и следов непромеса	Без комочков и следов непромеса	Без комочков и следов непромеса	Без комочков и следов непромеса
Вкус	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделия, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделия с мало заметным привкусом, характерным порошку кипрея	Свойственный данному виду изделия с ощутимым привкусом, характерным порошку кипрея	Несвойственный данному виду изделия с ярко выраженным привкусом, характерным порошку кипрея
Запах	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделия, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделия с мало заметным запахом, характерным порошку кипрея	Свойственный данному виду изделия заметным запахом, характерным порошку кипрея	Несвойственный данному виду изделия с ярко выраженным запахом, характерным порошку кипрея

числовую шкалу с фиксированными границами от 0 до 1 и строгими интервальными диапазонами: от 0 до 0,20 («очень плохо»); от 0,20 до 0,37 («плохо»); от 0,37 до 0,63 («удовлетворительно»); от 0,63 до 0,80 («хорошо»); от 0,80 до 1,00 («отлично»).

Объектами квалитетической оценки выступали опытные образцы хлеба пшеничного с добавлением

продуктов кипрея узколистного: замена воды в рецептуре на экстракт кипрея (вариант 1); замена части муки на порошок травы кипрея узколистного в количестве 3 % от общей массы муки (вариант 2); замена части муки на порошок травы кипрея узколистного в количестве 5 % от общей массы муки (вариант 3); замена части муки на порошок травы

Таблица 3. Сравнительная характеристика физико-химических показателей образцов хлеба пшеничного

Table 3. Comparative characteristics of the physico-chemical parameters of wheat bread samples

Показатели качества хлеба	Контрольный образец хлеба пшеничного	Образец хлеба пшеничного с добавлением экстракта кипрея	Образец хлеба пшеничного с добавлением 3 % порошка кипрея	Образец хлеба пшеничного с добавлением 5 % порошка кипрея	Образец хлеба пшеничного с добавлением 7 % порошка кипрея
Влажность мякиша, %	41,6	40,9	40,8	43,2	47
Кислотность мякиша, град	1,6	1,8	1,6	2,5	3,0
Пористость мякиша, %	81	80	77	74	74

кипрея узколистного в количестве 7 % от общей массы муки (вариант 4). Контрольным образцом выступал хлеб пшеничный, изготовленный без внесения каких-либо добавок.

Модель качества образцов хлеба пшеничного, представленная в виде таблицы 4, включает обобщённый показатель качества, групповые показатели качества (органолептические) и единичные показатели качества опытных образцов хлеба пшеничного. Органолептические показатели исследуемых образцов хлеба пшеничного были получены на основании дегустационных карт.

Приведенные в таблице 5 результаты расчёта параметров оптимизации и функции желательности Харрингтона для группы органолептических показателей позволили установить, что наибольшее относительное значение единичных показателей качества имели образцы хлеба пшеничного с заменой воды в рецептуре на экстракт кипрея узколистного – вариант 1 ( $D = 0,6927$ ) и с заменой части муки на порошок кипрея узколистного в количестве 3 % – вариант 2 ( $D = 0,6908$ ). Рассчитывали обобщённую функцию желательности Харрингтона  $D$  показателей качества опытных образцов хлеба пшеничного обогащенного продуктами кипрея узколистного.

С помощью интервальных диапазонов значений обобщённой функции желательности установили, что значения данной функции для всех опытных образцов хлеба пшеничного, обогащенного продуктами кипрея узколистного, находятся в диапазоне «хорошо» от 0,63 до 0,80 ( $D = 0,6927–0,6908$ ).

Анализ данных таблицы 4 показал, что вариант 1 опытного образца хлеба пшеничного с заменой в

Таблица 4. Модель качества опытных образцов хлеба пшеничного

Table 4. Quality model of the test samples of wheat bread

Обобщённый показатель качества образцов хлеба пшеничного	Группа органолептических показателей	Вкус
		Запах (аромат)
		Правильность формы
		Окраска корок
		Состояние поверхности
		Структура пористости
		Цвет мякиша
		Разжевываемость

рецептуре воды на экстракт кипрея узколистного оказался лучшим по единичным и групповым показателям качества. По органолептическому показателю параметр оптимизации Харрингтона для данного варианта составил 0,6927, что на 0,006 и 0,008 выше, чем у вариантов 3 и 4. Что касается варианта 2 с заменой 3 % муки в рецептуре на порошок травы кипрея, то он превосходил по параметрам оптимизации варианты 3 и 4 на 0,004 и 0,006. Таким образом, наилучшими показателями обладали образцы хлеба пшеничного 1 и 2 вариантов.

Рассчитывали пищевую ценность опытных образцов хлеба пшеничного при добавлении 3 % порошка кипрея узколистного. Содержание калия в 100 г изделия увеличилось на 5 %, кальция – на 12,2 %, магния – на 2,8 %, фосфора – на 2,5 %. При внесении порошка в количестве 5 %, по сравнению с контрольным образцом хлеба пшеничного, содержание калия увеличилось на 8,4 %, кальция – на 20,4 %, магния – на 4,6 %, фосфора на 4,2 %. При добавлении 7 % порошка содержание калия

Таблица 5. Сводная таблица функции желательности Харрингтона

Table 5. Harrington desirability function summary table

Наименование продукта	Наименование контрольного образца и контрольная функция $D_k$	Обобщённая функция желательности $D$ по органолептическим показателям
1	2	3
Замена воды в рецептуре на экстракт кипрея узколистного (вариант 1)	Контроль без внесения добавок 0,6922	0,6927
Количество внесения порошка кипрея узколистного, 3 % (вариант 2)	Контроль без внесения добавок 0,6922	0,6908
Количество внесения порошка кипрея узколистного, 5 % (вариант 3)	Контроль без внесения добавок 0,6922	0,6864
Количество внесения порошка кипрея узколистного, 7 % (вариант 4)	Контроль без внесения добавок 0,6922	0,6850

повысилось на 12,1 %, кальция – на 30,0 %, магния на 6,7 %, фосфора на 6,1 %. При внесении экстракта кипрея узколистного содержание калия, кальция, магния и фосфора увеличилось на 6,5, 13,0, 4,4 и 4,0 % соответственно.

### Выводы

Опытный образец хлеба пшеничного с заменой воды экстрактом кипрея узколистного обладал наивысшим общим баллом органолептической оценки, который составлял  $28,7 \pm 0,83$ . При проведении анализа было доказано, что внесение экстракта способствует обогащению образца хлеба пшеничного важными для здоровья человека минеральными элементами и увеличению его пищевой ценности. Физико-химические показатели при внесении растительной добавки, по сравнению с контрольным образцом хлеба пшеничного, не ухудшались и находились в пределах нормы.

При изучении влияния различных дозировок порошка кипрея узколистного на качество образцов хлеба пшеничного из муки высшего сорта установили, что оптимальной дозировкой порошка является 3 % от общей массы муки. Образец хлеба пшеничного с внесением такого количества нетрадиционной растительной добавки обладал хорошими качественными показателями. При органолептической оценке общий балл данного образца составил  $27,5 \pm 1,41$ . Физико-химические показатели при добавлении порошка в таком количестве не ухудшались и отвечали требованиям стандарта. Пищевая ценность образцов хлеба пшеничного с добавлением порошка кипрея узколистного повышалась за счет обогащения фосфором, магнием, кальцием и калием, содержащимися в кипрее.

При добавлении 5 % порошка пористость мякиша образца хлеба пшеничного, по сравнению с контрольным образцом, уменьшилась на 7 %, а влажность и кислотность мякиша увеличились. Все это способствовало снижению усвояемости, калорийности, а следовательно, и пищевой ценности хлеба. При органолептической оценке общий балл образца составил  $22,7 \pm 2,19$ .

При дальнейшем увеличении дозировки порошка кипрея узколистного качество образцов

хлеба пшеничного ухудшалось, кислотность и влажность мякиша, по сравнению с контрольным образцом, возросли на 1,4 % и 5,4 %. Показатель влажности мякиша образца с добавлением 7 % порошка превышал предельно допустимое значение, установленное ГОСТ 58233-2018. Пористость мякиша уменьшалась за счет повышения влажности и укрепления клейковины. Мякиш темнел, вкус и запах становились интенсивно выраженными травяными. При органолептической оценке общий балл образца хлеба пшеничного составил  $20,8 \pm 2,16$ .

Наилучшими по органолептическому показателю параметрами оптимизации Харрингтона обладали образцы хлеба пшеничного с добавлением экстракта кипрея узколистного в воду и с добавлением 3 % порошка от массы муки.

Таким образом, применение порошка и экстракта кипрея узколистного в производстве хлебобулочных изделий будет способствовать повышению биологической и пищевой ценности изделий, а также расширению ассортимента для здорового питания.

### Критерии авторства

Е. В. Невская внесла существенный вклад в написание статьи и ее редактирование с целью повышения ее научной значимости. А. Г. Зуева занималась сбором, анализом, интерпретацией полученных данных и написанием статьи. А. Г. Беляев руководил проектом и внес существенный вклад в разработку концепции работы.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution

E.V. Nevskaya edited the article and increased the scientific significance of the research. A.G. Zueva collected, analyzed, and interpreted the data, as well as contributed to the content of the article. A.G. Belyaev supervised the project and developed the research concept.

### Conflict of interest

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

### Список литературы

1. Ауэрман, Л. Я. *Технология хлебопекарного производства* / Л. Я. Ауэрман. – СПб. : Профессия, 2005. – 416 с.
2. Иванова, В. Н. Повышение качества пищевой продукции – ключевой приоритет реализации государственной политики Российской Федерации в области здорового питания / В. Н. Иванова, С. Н. Серегин // *Пищевая промышленность*. – 2016. – № 5. – С. 8–14.
3. Никитин, И. А. Технологические аспекты проектирования персонализированных хлебобулочных и кондитерских изделий на основании генетических предрасположенностей потребителей / И. А. Никитин // *Хлебодукты*. – 2019. – № 5. – С. 42–46. DOI: <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-28-5-42-46>.

4. Косован, А. П. Развитие рынка хлебобулочных изделий России в условиях глобализации / А. П. Косован, И. И. Шапошников // Хлебопечение России. – 2018. – № 1. – С. 4–9.
5. Царев, В. Н. Кипрей узколистый (*Chamerion angustifolium* L.) химический состав, биологическая активность (обзор) / В. Н. Царев, Н. Г. Базарнова, М. М. Дубенский // Химия растительного сырья. – 2016. – № 4. – С. 15–26.
6. Рахимова, Г. К. Анатомическая диагностика листьев Иван-чая / Г. К. Рахимова, Х. М. Комилов // Фармацевтический журнал. – 2010. – № 2. – С. 17–18.
7. Совершенствование технологий хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий функционального назначения: монография / С. Я. Корячкина, Н. А. Березина, Н. Н. Гонтовая [и др.]. – Орел : ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2016. – 261 с.
8. Лекарственное растительное сырье. Фармакогнозия / Г. А. Белодубровская, К. Ф. Блинова, В. В. Вандышев [и др.]. – СПб. : СпецЛит, 2004. – 765 с.
9. Рахимова, Г. К. Флавоноиды надземной части Иван-чая узколистного / Г. К. Рахимова, Х. М. Комилов, М. Т. Муллажонова // Фармацевтический журнал. – 2014. – № 4. – С. 14–20.
10. Заворохина, Н. В. Чайные напитки антиоксидантной направленности на основе кипрея узколистного / Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова, В. В. Фозилова // Пиво и напитки. – 2013. – № 1. – С. 28–31.
11. Валов, Р. И. Фармакогностическое исследование надземной части *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop: дис. ... канд. фарм. наук: 14.04.02 / Валов Роман Игоревич. – Улан-Удэ, 2012. – 192 с.
12. Therapeutic potential of polyphenols from *Epilobium angustifolium* (Fireweed) / I. A. Schepetkin, A. G. Ramstead, L. N. Kirpotina [et al.] // Phytotherapy Research. – 2016. – Vol. 30, № 8. – P. 1287–1297. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.5648>.
13. Kadam, P. A review on phytopharmacopial potential of *Epilobium angustifolium* / P. Kadam, M. Patil, K. Yadav // Pharmacognosy Journal. – 2018. – Vol. 10, № 6. – P. 1076–1078. DOI: <https://doi.org/10.5530/pj.2018.6.181>.
14. Фозилова, В. В. Разработка и исследование потребительских свойств чайных напитков на основе кипрея узколистного: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.18.15 Фозилова Варвара Викторовна. – Кемерово, 2014. – 16 с.
15. Кукина, Т. П. Липофильные кислоты Иван-чая узколистного / Т. П. Кукина, Т. С. Фролова, О. И. Сальникова // Химия растительного сырья. – 2016. – № 1. – С. 139–146.
16. Изучение жирнокислого состава липидного комплекса кипрея узколистного (Иван-чая) / Н. П. Масютина, П. И. Середа, З. Х. Абудейх [и др.] // Фитотерапия. – 2010. – № 4. – С. 84.
17. Изучение экстрактивных веществ *Chamerion angustifolium* (L.) holub / И. В. Полежаева, Н. И. Полежаева, Л. Н. Меняйло [и др.] // Химия растительного сырья. – 2005. – № 1. – С. 25–29.
18. Biological properties of *Epilobium angustifolium* L. / O. Oleshchuk, H. Ostrovska, S. Vannini [et al.] // Journal of Biotechnology. – 2017. – Vol. 256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2017.06.638>.
19. Anti-proliferative effect on a prostatic epithelial cell line (PZ-HPV-7) by *Epilobium angustifolium* L. / A. Vitalone, F. Bordini, C. Baldazzi [et al.] // Farmaco. – 2001. – Vol. 56, № 5–7. – P. 483–489. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0014-827X\(01\)01067-9](https://doi.org/10.1016/S0014-827X(01)01067-9).
20. Analgesic properties of *Epilobium angustifolium*, evaluated by the hot plate test and the writhing test / B. Tita, H. Abdel-Haq, A. Vitalone [et al.] // Farmaco. – 2001. – Vol. 56, № 5–7. – P. 341–343. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0014-827X\(01\)01046-1](https://doi.org/10.1016/S0014-827X(01)01046-1).


## References

1. Auehrman LYa. Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodst [Baking technology]. St. Petersburg: Professiya, 2005; 416 p. (In Russ.).
2. Ivanova VN, Seryogin SN. Improving food products quality – a key priority of implementation of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition. Food Industry. 2016;(5):8–14. (In Russ.).
3. Nikitin IA. Technological aspects of the design of personalized bakery and confectionery based on the genetic predispositions of the consumers. Bread products. 2019;(5):42–46. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32462/0235-2508-2019-28-5-42-46>.
4. Kosovan AP, Shaposhnikov II. Development of Russian bread goods market in conditions of globalization. Baking in Russia. 2018;(1):4–9. (In Russ.).
5. Tsarev VN, Bazarnova NG, Dubenskii MM. *Chamerion angustifolium* L. chemical composition biological activity (reviews). Chemistry of plant raw material. 2016;(4):15–26. (In Russ.).
6. Rakhimova GK, Komilov KhM. Anatomicheskaya diagnostika list'ev Ivan-chaya [Anatomical diagnosis of willow weed leaves]. Farmatsevticheskiy zhurnal [Pharmaceutical Journal]. 2010;(2):17–18. (In Russ.).
7. Koryachkina SYa, Berezina NA, Gontovaya NN, Kalinicheva TS, Kovaleva AV, Kuznetsova EA, et al. Sovershenstvovanie tekhnologiy khlebobulochnykh, konditerskiykh i makaronnykh izdeliy funktsional'nogo naznacheniya: monografiya [Improving the technology of functional bakery, confectionery, and pasta: monograph]. Orel: State University UNPK; 2012. 261 p. (In Russ.).
8. Belodubrovskaya GA, Blinova KF, Vandyshv VV, Zhokhova EV, Klemper AV, Komarova MN, et al. Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e. Farmakognoziya [Medicinal plant materials. Pharmacognosy]. St. Petersburg: SpetsLit, 2004; 765 p. (In Russ.).


9. Rakhimova GK, Komilov KhM, Mullazhonova MT. Flavonoidy nadzemnoy chasti Ivan-chaya uzkolistnogo [Flavonoids of the aerial part of willow weed]. *Farmatsevticheskiy zhurnal* [Pharmaceutical Journal]. 2014;(4):14–20. (In Russ.).
10. Zavorohina NV, Chugunova OV, Fozilova VV. Tea beverages of antioxidant direction on the basis of blooming sally. *Beer and beverages*. 2013;(1):28–31. (In Russ.).
11. Valov RI. Farmakognosticheskoe issledovanie nadzemnoy chasti *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop [A pharmacognostic study of the aerial part of *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop]. Cand. farm. sci. diss. Ulan-Ude: Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 2012. 192 p.
12. Schepetkin IA, Ramstead AG, Kirpotina LN, Voyich JM, Jutila MA, Quinn MT. Therapeutic potential of polyphenols from *Epilobium angustifolium* (Fireweed). *Phytotherapy Research*. 2016;30(8):1287–1297. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.5648>.
13. Kadam P, Patil M, Yadav K. A review on phytopharmacopial potential of *Epilobium angustifolium*. *Pharmacognosy Journal*. 2018;10(6):1076–1078. DOI: <https://doi.org/10.5530/pj.2018.6.181>.
14. Fozilova VV. Razrabotka i issledovanie potrebitel'skikh svoystv chaynykh napitkov na osnove kipreya uzkolistnogo [Development and research of consumer properties of willow weed tea drinks based]. Cand. eng. sci. diss. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2014. 16 p.
15. Kukina TP, Frolova TS, Salmikova OI. Lipophilic acids of fireweed. *Chemistry of plant raw material*. 2014;(1):139–146. (In Russ.).
16. Masyutina NP, Sereda PI, Abudeiykh ZKh, Bryuzgina TS. Izuchenie zhirnokisllogo sostava lipidnogo kompleksa kipreya uzkolistnogo (Ivan-chaya) [A study of the fatty acid composition of the lipid complex of willow weed]. *Fitoterapiya* [Phytotherapy]. 2010;(4):84. (In Ukr.).
17. Polezhaeva IV, Polezhaeva NI, Menyaylo LN, Pavlenko NI, Levdanskiy VA. Izuchenie ehkstraktivnykh veshchestv *Chamerion angustifolium* (L.) holub [A study of extractive substances of *Chamerion angustifolium* (L.) holub]. *Chemistry of plant raw material*. 2005;(1):25–29. (In Russ.).
18. Oleshchuk O, Ostrovska H, Vannini S, Moretti M, Moulas A, Albi E, et al. Biological properties of *Epilobium angustifolium* L. *Journal of Biotechnology*. 2017;256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2017.06.638>.
19. Vitalone A, Bordini F, Baldazzi C, Mazzanti G, Saso L, Tita B. Anti-proliferative effect on a prostatic epithelial cell line (PZ-HPV-7) by *Epilobium angustifolium* L. *Farmaco*. 2001;56(5–7):483–489. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0014-827X\(01\)01067-9](https://doi.org/10.1016/S0014-827X(01)01067-9).
20. Tita B, Abdel-Haq H, Vitalone A, Mazzanti G, Saso L. Analgesic properties of *Epilobium angustifolium*, evaluated by the hot plate test and the writhing test. *Farmaco*. 2001;56(5–7):341–343. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0014-827X\(01\)01046-1](https://doi.org/10.1016/S0014-827X(01)01046-1).

#### Сведения об авторах

##### Невская Екатерина Владимировна

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (916) 701-94-92, e-mail: [katerinarose@mail.ru](mailto:katerinarose@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-5310-3412>

##### Зуева Александра Геннадьевна


научный сотрудник направления биохимических исследований, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (495) 025-41-44, e-mail: [a.zueva@gosniihp.ru](mailto:a.zueva@gosniihp.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-8717-6206>

##### Беляев Алексей Геннадьевич


канд. био. наук, доцент кафедры товароведения, технологии и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», 305040, Россия, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел.: +7 (4712) 32-46-66, e-mail: [7631pektin@mail.ru](mailto:7631pektin@mail.ru)

#### Information about the authors

##### Ekaterina V. Nevskaya

Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol'shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (916) 701-94-92, e-mail: [katerinarose@mail.ru](mailto:katerinarose@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-5310-3412>

##### Aleksandra G. Zueva

Researcher of the Biochemical Research, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol'shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (495) 025-41-44, e-mail: [a.zueva@gosniihp.ru](mailto:a.zueva@gosniihp.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-8717-6206>

##### Alexey G. Belyaev

Cand.Sci.(Bio.), Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology and Examination of Good, Southwest State Institute, 94, 50 let Oktyabrya Str., Kursk, 305040, Russia, phone: +7 (4712) 32-46-66, e-mail: [7631pektin@mail.ru](mailto:7631pektin@mail.ru)

## Безглютеновые гречишные квасы с добавлением пряно-ароматического сырья

Т. В. Танашкина\*<sup>ORCID</sup>, А. А. Перегоедова<sup>ORCID</sup>, А. А. Семенюта<sup>ORCID</sup>, М. Д. Боярова<sup>ORCID</sup>



Дата поступления в редакцию: 18.11.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,  
690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

\*e-mail: [tatiana.vl.tan@gmail.com](mailto:tatiana.vl.tan@gmail.com)



© Т. В. Танашкина, А. А. Перегоедова, А. А. Семенюта, М. Д. Боярова, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Производство безглютеновых продуктов питания, в том числе безалкогольных напитков брожения, становится все более актуальной задачей для пищевой промышленности России. Большим сырьевым потенциалом обладает гречишный солод, характерной особенностью которого является наличие в нем рутина, способного придать продукту функциональные свойства. Для улучшения органолептических характеристик напитков и повышения пищевой ценности в них целесообразно вносить пряно-ароматическое сырье.

**Объекты и методы исследования.** Для создания безглютеновых квасов использовали светлый и томленный гречишный солод, а также настои ягод барбариса, плодов можжевельника, листьев смородины и травы Melissa. Сусло готовили настойным способом, сбраживали пивными дрожжами расы Saflager W-34/70 и после дображивания купажировали настоями растительного сырья. Органолептические и физико-химические показатели квасов устанавливали стандартными методами, антиоксидантную активность – с использованием DPPH-радикала.

**Результаты и их обсуждение.** Все полученные образцы по органолептическим и физико-химическим характеристикам удовлетворяли нормативным значениям ГОСТа на квас. Напитки из томленного солода получили более высокие дегустационные оценки, чем напитки из светлого. Лучшими были образцы кваса, купажированные настоями барбариса и смородины. Добавление настоев увеличивало срок годности кваса с 7 суток (контроль) до 12 (барбарис), 14 (можжевельник) и 16 (смородина). Наиболее высокая антиоксидантная активность отмечена в напитках с настоем листьев смородины (более 80 %). Антирадикальная активность была установлена для образцов с настоями барбариса и смородины.

**Выводы.** Светлый и томленный гречишный солод может использоваться для приготовления безглютеновых квасов. Купажирование гречишных квасов настоями пряно-ароматического сырья позволяет увеличить срок годности напитков, значительно улучшить их вкус и аромат, повысить антиоксидантную активность (исключение квас с настоями плодов можжевельника) и придать напиткам антирадикальные свойства.

**Ключевые слова.** Напитки, гречиха, солод, брожение, растительное сырье, антиоксидантная активность

**Для цитирования:** Безглютеновые гречишные квасы с добавлением пряно-ароматического сырья / Т. В. Танашкина, А. А. Перегоедова, А. А. Семенюта [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 70–78. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-70-78>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Gluten-free Buckwheat Kvass with Aromatic Raw Materials

T.V. Tanashkina\*<sup>ORCID</sup>, A.A. Peregodedova<sup>ORCID</sup>, A.A. Semenyuta<sup>ORCID</sup>, M.D. Boyarova<sup>ORCID</sup>

Received: November 18, 2019  
Accepted: March 03, 2020

Far Eastern Federal University,  
8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690090, Russia

\*e-mail: [tatiana.vl.tan@gmail.com](mailto:tatiana.vl.tan@gmail.com)



© T.V. Tanashkina, A.A. Peregodedova, A.A. Semenyuta, M.D. Boyarova, 2020

### Abstract.

**Introduction.** The production of gluten-free food products, including alcohol-free beverages, is an urgent task for Russian food industry. Buckwheat malt has a great raw material potential, because it consists rutin, which can give the final product some useful functional properties. Aromatic raw materials improve the sensory characteristics of beverages and increase their nutritional value.

**Study objects and methods.** Kvass is a traditional Russian bread juice. To prepare gluten-free kvass, we used light and scalding



buckwheat malt and water infusions of barberry, juniper, leaves of garden currant, and lemon balm grass. The wort was prepared by infusion and fermented with bottom beer yeast Saflager W-34/70. Then it was blended with infusions of plant materials. Sensory and physical and chemical properties of kvass were determined by standard methods. Antioxidant activity of the beverages was assessed by using DPPH radical scavenging method.

*Results and discussion.* All samples met the state standard requirements for kvass by sensory, physical, and chemical characteristics. The drinks obtained from the scalding malt were well-fermented and achieved better tasting ratings compared to those from the light malt. The control sample, which contained no aromatic raw materials, received the lowest scores for taste and aroma. The kvass blended with infusions of barberry and garden currant had the best results. The infusions increased the shelf life of the kvass from 7 days (control) to 12 (barberry), 14 (juniper), and 16 (currant). All samples of kvass demonstrated antioxidant activity, the beverage with infusion of garden currant leaves showing the best results ( $\leq 80\%$ ). Antiradical activity was established for the samples blended with barberry and currant infusions.

*Conclusion.* light and scalding buckwheat malt can be used to prepare gluten-free kvass. Blending buckwheat kvass with infusions of aromatic raw materials increased the shelf life of the beverages, improved their taste, aroma, and antioxidant activity (except the sample with infusions of juniper), and gave them antiradical properties.

**Keywords.** Beverages, buckwheat, malt, fermentation, plant materials, antioxidant activity

**For citation:** Tanashkina TV, Peregoedova AA, Semenyuta AA, Boyarova MD. Gluten-free Buckwheat Kvass with Aromatic Raw Materials. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):70–78. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-70-78>.

### Введение

Производство безглютеновых продуктов питания показывает устойчивый рост в России и мире. Возрастающий интерес потребителей к этой продукции связан с увеличением доли населения, страдающей целиакией (частота заболеваемости составляет по разным оценкам 0,5–1 %, а генетическая предрасположенность к ней – около 5 %) [1]. Кроме того, безглютеновые продукты все чаще воспринимаются как элемент здорового питания и их потребителями становятся люди, не имеющие для этого строгих медицинских показаний. Большая часть рынка безглютеновой продукции приходится на хлебобулочные и мучные кондитерские изделия, в то время как напитки брожения на основе зернового сырья практически отсутствуют [2].

В настоящее время активно проводятся исследования, направленные на расширение сырьевой базы для производства безглютеновых напитков брожения. Разработаны способы получения гречишного солода, просяного, рисового, овсяного и других [3–10]. Показана возможность использования нетрадиционных видов солодов для получения солодового суслу и напитков [11–18]. Особенностью гречишного солода как безглютенового сырья, по сравнению с другими видами, является присутствие в нем рутина, а также высокая биологическая ценность его белков. Недавно был разработан способ получения нового вида солода из гречихи – томленного [5]. Он был использован авторами для получения безглютеновых слабоалкогольных напитков, но в технологии безалкогольных пока не применялся [17]. В России наиболее популярным безалкогольным напитком брожения является квас – натуральный продукт, который может потребляться практически всеми категориями населения. Он обладает прекрасными вкусовыми и жаждоутоляющими свойствами, богат витаминами и

минеральными веществами. Тенденцией последних лет является введение в его рецептуру плодов, ягод, пряно-ароматических растений [19–21]. Ингредиенты, содержащиеся в растительном сырье, позволяют улучшить не только органолептические свойства напитка, но также повысить его пищевую ценность и придать определенные функциональные свойства. Целью данной работы являлась оценка возможности использования светлого и томленного гречишного солода для получения кваса с улучшенными органолептическими и физико-химическими характеристиками за счет добавления пряно-ароматического сырья.

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились образцы квасов, приготовленные из светлого и томленного гречишного солода без добавления и с добавками настоев пряно-ароматического сырья. Гречишный солод получали согласно разработанными нами ранее способами [4, 5]. Квасное сусло экстрактивностью 3,5, 5,0 и 8,0 % готовили настойным способом с использованием при затирании ферментного препарата амилолитического действия. Сбраживание суслу осуществляли пивными дрожжами верхового (Safale US-05) и низового (Saflager W-34/70) брожения (Fermentis, Франция), а также винными дрожжами EC-1118 (Lalvin, Канада) при температуре 24 °С до снижения экстрактивности суслу на 1,2 %. Концентрация дрожжей варьировала от 0,25 до 0,8 г/дм<sup>3</sup>. Дображивание вели при температуре 4 °С в течение 24 ч. Сброженное сусло купажировали 65 % сахарным сиропом, 50 % раствором лимонной кислоты и настоями пряно-ароматического сырья. Для получения настоев использовали сушеные ягоды барбариса, плоды можжевельника, листья смородины, корки апельсина, траву розмарина и Melissa. Концентрация растительного сырья составляла 0,5–2 г/100 см<sup>3</sup> питьевой

воды (шаг – 0,5 г). Навеску сырья заливали нагретой до кипения водой и настаивали в течение 7–10 минут. Затем настои фильтровали, охлаждали до комнатной температуры и в равных соотношениях смешивали с квасом. Стандартными методами определяли титруемую кислотность сусле и кваса, органолептические показатели кваса и настоев, массовую долю сухих веществ и объемную долю спирта готовых квасов. Антиоксидантную и антирадикальную активность квасов устанавливали с использованием DPPH радикала [22].

### Результаты и их обсуждение

Планируя экспериментальную часть работы, учитывали результаты предварительных исследований, которые позволили определить оптимальную экстрактивность начального сусле, производственную расу и концентрацию дрожжей, а также условия сбраживания сусле. Из 3 испытанных значений экстрактивности сусле (3,0, 5,0, и 8,0 %) лучшими органолептическими свойствами обладал квас, полученный при сбраживании более концентрированного сусле. Квас из сусле с более низким содержанием экстракта характеризовался пустым невыразительным вкусом и ароматом. Органолептические свойства образцов напитков, полученных сбраживанием сусле пивными дрожжами верхового и низового брожения, а также винными дрожжами, существенно отличались между собой. Квас, выработанный с использованием пивных дрожжей верхового брожения, характеризовался неприятным кислым вкусом, в аромате присутствовали слабо выраженные фруктовые и медовые тона. Напиток, изготовленный с использованием дрожжей низового брожения, был более плотным, сбалансированным, в аромате преобладали фруктовые и медовые нотки. Квас из сусле, сброженного винными дрожжами, отличался оригинальным вкусом, в котором преобладал неприятный травянистый тон. Внесение дрожжей в концентрации 0,5 г/дм<sup>3</sup> и выше приводило к появлению в напитке выраженного неприятного дрожжевого вкуса и аромата.

Основываясь на результатах предварительных экспериментов, готовили сусле экстрактивностью 7,5 %. Для сбраживания использовали низовые дрожжи Saflager W-34/70 концентрации 0,25 г/дм<sup>3</sup>. Ход брожения контролировали по изменению экстрактивности сусле. Снижение содержания экстракта на 0,9 % происходило за 20 ч, на 1,2 % – за 22 ч. Затем осуществляли дображивание при 4 °С в течение 24 ч. Динамика сбраживания экстракта дрожжами свидетельствовала о том, что состав гречишного сусле был пригоден для их жизнедеятельности. Дрожжи быстрее сбраживали сусле, приготовленное из томленного солода, по сравнению с сусле из светлого. Эти

Таблица 1. Физико-химические показатели сброженного сусле из светлого и томленного гречишного солода

Table 1. Physical and chemical characteristics of fermented wort from light and scalding buckwheat malt

Показатели	Сброженное гречишное сусле из солода	
	светлого	томленного
Массовая доля СВ, %	6,10	4,10
Кислотность, к. ед.	5,00	5,35
Объемная доля спирта, %	0,80	1,12

различия были закономерны, т. к. томленный солод характеризуется более высокой степенью растворимости эндосперма [23]. Физико-химические показатели сброженного сусле (табл. 1) также свидетельствовали, что процесс брожения более активно протекал в сусле из томленного солода. В нем оставалось меньше несброженного экстракта, а содержание спирта было выше. Органолептический анализ не выявил существенных отличий между сусле, приготовленным из разных типов солода. Образцы были непрозрачными, соломенного цвета, в аромате ощущались легкие медовые и дрожжевые тона, вкус – слабо выраженный, освежающий, с кислинкой и с едва заметным привкусом дрожжей. Таким образом, полученные образцы по органолептическим и физико-химическим характеристикам соответствовали ГОСТ 31494-2012<sup>1</sup>. Их можно классифицировать как квасы.

Для улучшения вкуса и аромата напитков в квас при купажировании добавляли не только сахарный сироп и раствор лимонной кислоты, но и настои пряно-ароматического сырья. С целью отбора лучших образцов настоев их предварительно анализировали по органолептическим показателям. Настои отличались видом и концентрацией внесенного пряно-ароматического сырья. Их получали из ягод барбариса, плодов можжевельника, листьев смородины, корок апельсина, травы розмарина и травы мелиссы. Концентрация растительного сырья составляла 0,5–2 г/100 см<sup>3</sup>. Все полученные настои независимо от вида и концентрации сырья были прозрачными. Цвет с повышением содержания сырья в образце изменялся от очень бледного до рубинового у настоев из ягод барбариса, соломенного – из плодов можжевельника и травы мелиссы, янтарного – из листьев смородины, желтого – из корок апельсина и травы розмарина. Для аромата и вкуса была характерна та же тенденция: с увеличением концентрации они становились более выраженными. Если при содержании пряно-ароматических добавок 2 г/100 см<sup>3</sup> настоев ягод барбариса, плодов можжевельника,

<sup>1</sup> ГОСТ 31494-2012. Квасы. Общие технические условия. – М. : Стандартинформ, 2013. – 7 с.

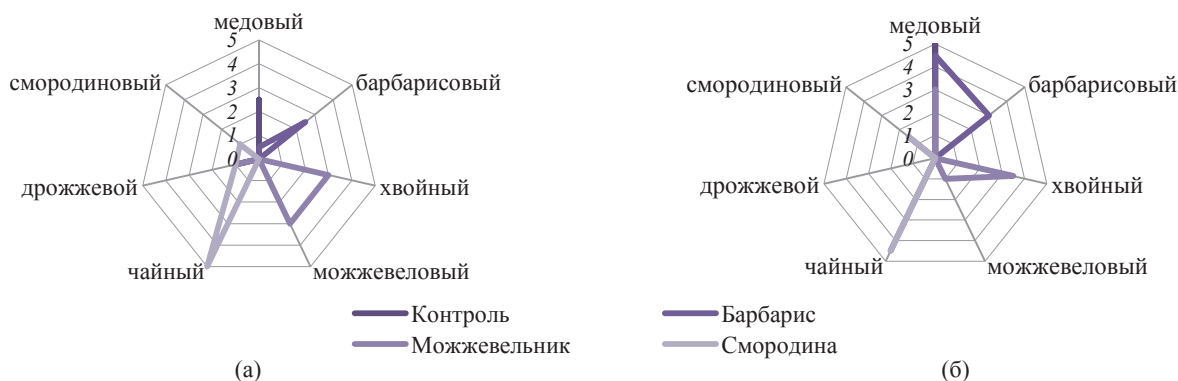


Рисунок 1. Аромат образцов кваса из светлого (а) и томленого (б) гречишного солода

Figure 1. Aroma of kvass samples from light (a) and scalding (b) buckwheat malt

листьев смородины имели выраженный приятный вкус и аромат, соответствующий используемому сырью, то в настоях из корок апельсина, травы розмарина и мелиссы ощущалась резкая горечь, неприятный вкус и навязчивый аромат. При более низких концентрациях вкус был пустой, неприятный. Поэтому для купаживания сброженного гречишного суслу использовали настои барбариса, можжевельника и смородины, приготовленные из расчета 2 г сырья на 100 см<sup>3</sup> воды. Соотношение компонентов суслу:настой составляло 1:1. Также при купаживании вносили сахарный сироп и раствор лимонной кислоты. Всего было получено 8 образцов напитков. Два из них контрольные – из светлого и томленого гречишного солода без добавления настоев. Оставшиеся шесть – опытные из двух типов гречишного солода, которые купаживали тремя видами настоев. После купаживания напитки выдерживали в течение 24 ч при температуре 0–2 °С. Затем осуществляли органолептическую оценку, определяли физико-химические показатели качества и антиоксидантные свойства образцов.

Органолептическую оценку проводили методом дегустации, результаты которой представляли в

виде профилограмм (рис. 1 и 2) и с использованием балльной шкалы (табл. 2). Все напитки были непрозрачными, особенно полученные из светлого солода. Цвет напитков соответствовал типу внесенного сырья. В аромате напитков из светлого солода ощущался дрожжевой запах. Вкус всех напитков был приятный, освежающий, умеренно сладкий, с кислинкой и соответствовал типу сырья. Исключение – напиток из светлого солода, купаженный настоем из листьев смородины, который характеризовался выраженным вкусом крепкого черного чая.

Бальная оценка напитков представлена в таблице 2. Оценку «отлично» получали образцы, набравшие 20–18 баллов, «хорошо» – 17–14, «удовлетворительно» – 13–10, «неудовлетворительно» – менее 10 баллов. Самые высокие оценки получили образцы квасов из томленого солода, купаженные настоями барбариса и смородины, из светлого солода – настоем барбариса. Контрольные образцы имели самые низкие баллы. Следовательно, внесение настоев пряно-ароматического сырья положительно повлияло на вкус и аромат напитков – он стал

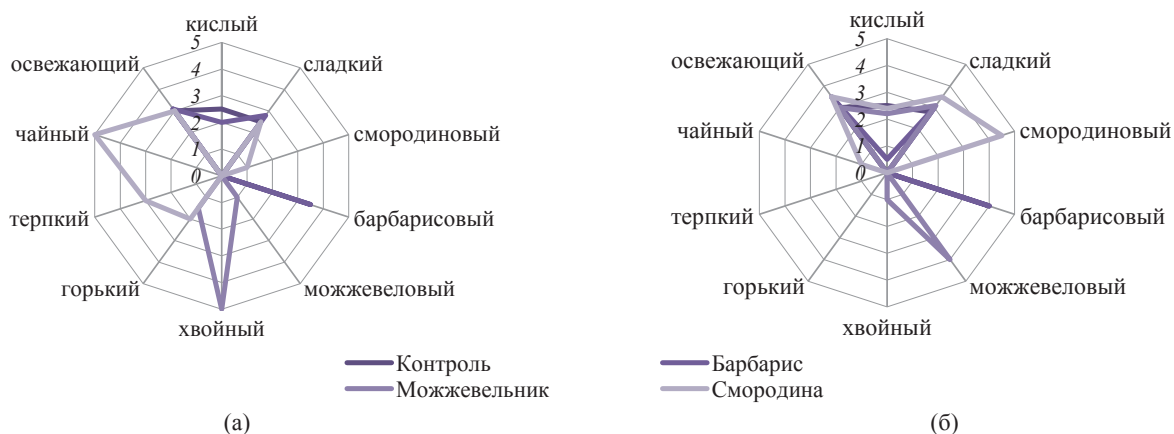


Рисунок 2. Вкус образцов кваса из светлого (а) и томленого (б) гречишного солода

Figure 2. Taste of kvass samples from light (a) and scalding (b) buckwheat malt

Таблица 2. Органолептическая оценка квасов из светлого и томленого гречишного солода

Table 2. Sensory score of kvass samples from light and scalding buckwheat malt

Наименование показателя (баллы)	Образцы*			
	К	Б	М	С
Внешний вид (0–3)	1** / 2	1 / 2	1 / 2	1 / 2
Цвет (0–3)	2 / 1	2 / 3	2 / 2	1 / 2
Аромат (1–5)	2 / 5	4 / 5	3 / 4	4 / 5
Вкус (1–5)	3 / 3	5 / 5	5 / 5	4 / 5
Насыщенность CO <sub>2</sub> (0–4)	3 / 3	3 / 3	3 / 3	3 / 3
ИТОГО (0–20)	11 / 14	15 / 18	14 / 16	14 / 18
Оценка общая	уд. / хор.	хор. / отл.	хор. / хор.	хор. / отл.

\* образцы напитков без добавок (К – контроль), купажируемые настоем из ягод барбариса (Б), плодов можжевельника (М), листьев смородины (С);

\*\* значение в числителе относится к напитку из светлого солода, в знаменателе – к напитку из томленого солода.

\* samples without additives (K – control), blended with infusion of barberry berries (B), juniper fruits (M), and currant leaves (C);

\*\* the numerator refers to the drink from light malt; the denominator refers to the drink from scalding malt.

более гармоничным, слаженным и с приятными вкусовыми ощущениями. Все напитки из томленого солода были оценены более высоко, чем напитки из светлого солода. Исходя из органолептических характеристик, использование томленого солода для изготовления кваса является более предпочтительным, чем использование светлого.

Результаты исследований физико-химических показателей напитков из томленого гречишного солода после купажируемого настоями пряно-ароматического сырья представлены в таблице 3. Внесение компонентов купажа (сахарный сироп, раствор лимонной кислоты, настои пряно-ароматического сырья) существенно изменили их физико-химические характеристики по сравнению

Таблица 3. Физико-химические показатели образцов кваса из томленого гречишного солода

Table 3. Physical and chemical characteristics of the samples of kvass from scalding buckwheat malt

Показатель	Образцы кваса*			
	К	Б	М	С
Массовая доля сухих веществ, %	8,66	6,64	7,15	7,6
Кислотность, к. ед.	6,95	4,9	4,85	4,9
Объемная доля спирта, %	1,07	0,51	0,54	0,56

\* образцы квасов без добавок (К – контроль), купажируемые настоем ягод барбариса (Б), плодов можжевельника (М), листьев смородины (С).

\* samples of kvass without additives (K – control), blended with infusion of barberry berries (B), juniper fruits (M), and currant leaves (C).

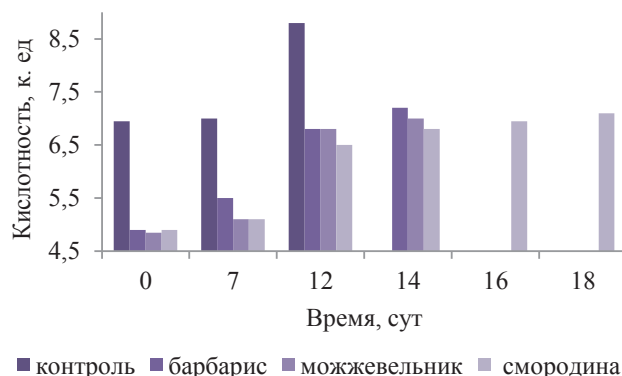


Рисунок 3. Динамика изменения титруемой кислотности образцов кваса из томленого гречишного солода в процессе хранения

Figure 3. Dynamics of titratable acidity of kvass samples from scalding buckwheat malt during storage

с некупажируемыми. Значительно увеличилась массовая доля сухих веществ. Из-за добавления настоев в два раза снизилась объемная доля спирта. Все исследованные показатели удовлетворяли стандарту на квас<sup>1</sup>. Разработанные напитки, полученные купажируемым сброженным суслу настоями ягод барбариса, плодов можжевельника и листьев смородины, являются квасами.

С целью установления продолжительности времени, в течение которого напиток будет соответствовать нормируемым значениям кислотности (1,5–7,0 к. ед.)<sup>1</sup>, наблюдали за изменением этого показателя в процессе хранения образцов кваса, полученных из томленого гречишного солода (рис. 2). Данные свидетельствуют о том, что контрольный образец был годен не менее 7 суток, с настоем ягод барбариса – не менее 12, плодов можжевельника – не менее 14, листьев смородины – не менее 16 суток. Таким образом, добавление настоев существенно увеличивало срок годности кваса. Это связано с присутствием в них компонентов, угнетающих жизнедеятельность микроорганизмов.

Поскольку при изготовлении квасов использовали сырье, которое содержит биологически активные соединения, проявляющие антиоксидантную активность (фенольные соединения, в том числе флавоноиды), определяли антиоксидантную (АОА) и антирадикальную активность (АРА) готовых квасов. Результаты, представленные в таблице 4, показали, что все образцы квасов обладали АОА. Поскольку зерно и солод гречихи содержат рутин, антиоксидантное действие которого доказано многими авторами, то проявление АОА связано именно с этим компонентом [24, 25]. Так, у контрольных образцов АОА была выше у кваса из томленого солода, что коррелировало с содержанием в солоде рутина. Как показали ранее проведенные исследования, содержание рутина

Таблица 4. Значение антиоксидантной и антирадикальной активности кваса из светлого и томленого гречишного солода

Table 4. Values of the antioxidant and antiradical activity of kvass from light and scalding buckwheat malt

Образец кваса	АОА*/АРА** кваса из гречишного солода	
	светлого	томленого
Без добавок	35,06 (± 0,25) / 1,41	48,63 (± 0,81) / 1,03
С настоем ягод барбариса	56,45 (± 0,59) / 0,89	54,85 (± 0,87) / 0,91
С настоем плодов можжевельника	33,81 (± 0,47) / 1,48	40,98 (± 0,73) / 1,22
С настоем листьев смородины	84,3 (± 0,23) / 0,59	80,41 (± 0,60) / 0,62

\* АОА образцов определяли по способности улавливать свободные радикалы DPPH, и рассматривали как процент ингибирования;

\*\* АРА образцов определяли как степень разбавления напитка, при которой улавливается не менее 50 % свободных DPPH радикалов. Чем меньше значение, тем выше АРА. При значении выше 1 АРА образца не достигается.

\* Antioxidant activity of the samples was determined by the ability scavenging free DPPH radicals and considered as an inhibition percentage;

\*\* Antiradical activity of the samples was determined as the degree of dilution of the drink, at which  $\geq 50\%$  of free DPPH radicals were captured. The lower the value, the higher the antiradical activity. At  $\geq 1$ , the antiradical activity of the sample was not achieved.

в томленном солоде выше, чем в светлом – 43 и 37 мг/100 г солода соответственно [23]. Добавление в квасы настои плодов можжевельника снижало АОА напитков. Это связано с присутствием в нем веществ, ингибирующих антиоксидантное действие рутина. Кроме того, сообщалось, что эфирное масло можжевельника обладает АОА, но проявление антиоксидантных свойств зависит от его компонентного состава, ботанического вида и части растения, из которого оно выделено [26]. Поэтому выявление причин снижения АОА кваса после купаживания его настоем плодов можжевельника требует дополнительных исследований. Наивысшую АОА проявляли образцы квасов с настоями листьев смородины – более 80 %. Таким образом, установили, что антиоксидантная активность образцов квасов, изготовленных как из светлого, так и томленного

гречишного солода, располагалась следующим образом (по мере убывания): квас с настоем из листьев смородины > квас с настоем из барбариса > квас без внесения настоев (контроль) > квас с настоем из можжевельника. Антирадикальная активность была выявлена для образцов кваса с настоями ягод барбариса и листьев смородины. Высокая АОА и АРА настоев листьев смородины обусловлена суммарным эффектом присутствующих в них двух антиоксидантов – рутина (176 мг/100 г) и аскорбиновой кислоты (250 мг/100 г) (неопубликованные данные).

### Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что светлый и томленный гречишный солод могут являться сырьем для получения безглютенового кваса. Внесение настоев пряно-ароматического сырья положительно сказалось на органолептических и физико-химических характеристиках, увеличило срок годности напитков (по показателю кислотности). Все образцы квасов обладали АОА, которая наиболее выражена у напитков с добавлением настоев листьев смородины. Для образцов кваса с добавлением настоев ягод барбариса и листьев смородины была установлена АРА.

### Критерим авторства

Т. В. Танашкина руководила проектом и готовила статью к печати. А. А. Перегодова, А. А. Семенюта и М. Д. Боярова выполняли экспериментальную часть, осуществляли обработку результатов.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution

T.V. Tanashkina supervised the project and prepared the article. A.A. Peregoedova, A.A. Semenyuta, and M.D. Boyarov performed the experimental part and processed the results.

### Conflict of interest

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

### Список литературы

1. Рынок безглютеновой продукции // Пищевая индустрия. – 2017. – Т. 31, № 1. – С. 8–10.
2. Абуталыбова, Д. Э. Рынок «дикий», но перспективный / Д. Э. Абуталыбова // Кондитерская и хлебопекарная промышленность. – 2019. – Т. 78, № 1. – С. 16–17.
3. Коротких, Е. А. Получение гречишного солода для производства солодовых экстрактов / Е. А. Коротких, С. В. Востриков // Пиво и напитки. – 2010. – № 6. – С. 36–37.
4. Пат. 2510607С1 Российская федерация, С12С 1/00. Способ получения гречишного светлого солода / Танашкина Т. В., Троценко А. С., Корчагин В. П. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет». – № 2012138805/10; заявл. 10.09.2012; опубл. 04.10.2014; Бюл. № 10. – 12 с.

5. Пат. 2590720С1 Российская федерация, С12С1/00, С12С1/02, С12С1/027, С12С 1/067. Способ получения гречишного солода / Приходько Ю. В., Танашкина Т. В., Семенюта А. А.; заявитель и патентообладатель ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет». – № 2015113327/10; заявл. 13.04.2015; опубл. 10.07.2016; Бюл. № 19. – 8 с.
6. Wijngaard, H. H. The effect of germination time on the final malt quality of buckwheat / H. H. Wijngaard, H. M. Ulmer, E. K. Arendt // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2006. – Vol. 64, № 4. – P. 214–221. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-64-0214>.
7. Phiarais, B. P. N. Kilning conditions for the optimization of enzyme levels in buckwheat / B. P. N. Phiarais, H. H. Wijngaard, E. K. Arendt // Journal of the American Society of Brewing Chemists. – 2006. – Vol. 64, № 4. – P. 187–194. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-64-0187>.
8. The use of response surface methodology to optimise malting conditions of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) as a raw material for gluten-free foods / M. Zarnkow, M. Keßler, F. Burberg [et al.] // Journal of the Institute of Brewing. – 2007. – Vol. 113, № 3. – P. 280–292. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2007.tb00288.x>.
9. Нгуен, В. Х. Технология получения солода из риса-зерна с применением ЭХА-растворов / В. Х. Нгуен, Р. Г. Разумовская // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2011. – Т. 319, № 1. – С. 53–55.
10. Чекина, М. С. Влияние режима проращивания зерна на ферментативную активность солода из овса голозерного Вятский / М. С. Чекина, Т. В. Меледина, Е. С. Сергачева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – Т. 48, № 5. – С. 46–51.
11. Wijngaard, H. H. Optimization of mashing program for 100% malted buckwheat / H. H. Wijngaard, E. K. Arendt // Journal of the Institute of Brewing. – 2006. – Vol. 112, № 1. – P. 57–65. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00708.x>.
12. Processing of a top fermented beer brewed from 100% buckwheat malt with sensory and analytical characterisation / B. P. NicPhiarais, A. Mauch, B. D. Schehl [et al.] // Journal of the Institute of Brewing. – 2010. – Vol. 116, № 3. – P. 265–274. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00430.x>.
13. Optimisation of the mashing procedure for 100 % malted proso millet (*Panicum miliaceum* L.) as a raw material for gluten-free beverages and beers / M. Zarnkow, M. Keßler, W. Back [et al.] // Journal of the Institute of Brewing. – 2010. – Vol. 116, № 2. – P. 141–150. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00410.x>.
14. Петрова, Н. А. Способ приготовления безалкогольного гречишного пива / Н. А. Петрова, В. Г. Оганнисян, О. Б. Иванченко // Пиво и напитки. – 2011. – № 5. – С. 12–14.
15. Безглютеновый квас / Е. А. Коротких, И. В. Новикова, Г. В. Агафонов [и др.] // Пиво и напитки. – 2013. – № 5. – С. 46–50.
16. Чекина, М. С. Разработка технологии затирания солода из овса / М. С. Чекина, Т. В. Меледина, М. Д. Хлыновский // Пиво и напитки. – 2015. – № 6. – С. 44–48.
17. Безглютеновые слабоалкогольные напитки из светлого и томленного гречишного солода / Т. В. Танашкина, А. А. Семенюта, А. С. Троценко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2017. – Т. 45, № 2. – С. 74–80. DOI: <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-2-74-80>.
18. Применение мультиэнзимного препарата на основе штамма *Trichoderma reesei* при получении овсяного сусла / А. С. Черета, Е. В. Костылева, И. А. Великорецкая [и др.] // Пиво и напитки. – 2018. – № 4. – С. 72–74.
19. Тананайко, Т. М. Новые квасы брожения с повышенной антиоксидантной активностью / Т. М. Тананайко, В. В. Соловьев // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2014. – Т. 23, № 1. – С. 29–36.
20. Школьникова, М. Н. К вопросу повышения пищевой ценности кваса / М. Н. Школьникова, Н. В. Заворохина, О. В. Чугунова // Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия: пищевые и биотехнологии. – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 93–99.
21. Использование аронии черноплодной в производстве кваса / Л. А. Кияшкина, В. Б. Цугкиева, Л. Х. Тохтиева [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 57, № 2. – С. 124–130. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.2.124>.
22. Physicochemical properties and antioxidant activity of Doshab (a traditional concentrated grape juice) / J. Aliakbarlu, S. Khalili, S. Mohammadi [et al.] // International Food Research Journal. – 2014. – Vol. 21, № 1. – P. 367–371.
23. Томленный солод из гречихи: способы получения и оценка качества / Т. В. Танашкина, А. А. Семенюта, М. Д. Боярова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 37, № 2. – С. 34–41.
24. Balasundram, N. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses / N. Balasundram, K. Sundram, S. Samman // Food Chemistry. – 2006. – Vol. 99, № 1. – P. 191–203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>.
25. The antioxidant effects of the flavonoids rutin and quercetin inhibit oxaliplatin-induced chronic painful peripheral neuropathy / M. I. Azevedo, A. F. Pereira, R. B. Nogueira [et al.] // Molecular Pain. – 2013. – Vol. 9, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1744-8069-9-53>.
26. Chemical composition and antioxidant properties of juniper berry (*Juniperus communis* L.) essential oil. action of the essential oil on the antioxidant protection of *saccharomyces cerevisiae* model organism / V. Hoferl, I. Stoilova, E. Schmidt [et al.] // Antioxidants. – 2014. – Vol. 3, № 1. – P. 81–98. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox3010081>.

## References


1. Rynok bezglyutenovoy produktsii [The market of gluten-free products]. Pishchevaya industriya [Food Industry]. 2017;31(1):8–10. (In Russ.).
2. Abutalybova DEh. Rynok “dikiy”, no perspektivnyy [A “wild” but promising market]. Confectionery Sfera/Bakery. 2019;78(1):16–17. (In Russ.).
3. Korotkih EA, Vostrikov SV. Reception of buckwheat malt for manufacture of malt extracts. Beer and beverages. 2010;(6):36–37. (In Russ.).
4. Tanashkina TV, Trotsenko AS, Korchagin VP, Semenjuta AA, Prikhod'ko JuV. Light buckwheat malt production method. Russia patent RU 2510607C1. 2012.
5. Prikhodko YuV, Tanashkina TV, Semenjuta AA. Buckwheat malt production method. Russia patent RU 2590720C1. 2015.
6. Wijngaard HH, Ulmer HM, Arendt EK. The effect of germination time on the final malt quality of buckwheat. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2006;64(4):214–221. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-64-0214>.
7. Phiarais BPN, Wijngaard HH, Arendt EK. Kilning conditions for the optimization of enzyme levels in buckwheat. Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2006;64(4):187–194. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-64-0187>.
8. Zarnkow M, Keßler M, Burberg F, Back W, Arendt EK, Kreis S. The use of response surface methodology to optimise malting conditions of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) as a raw material for gluten-free foods. Journal of the Institute of Brewing. 2007;113(3):280–292. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2007.tb00288.x>.
9. Nguyen VH, Razumovskaya RG. Technology of the reception malt from rice-grain by means of electrochemical activated solutions. News of institutes of higher education. Food technology. 2011;319(1):53–55. (In Russ.).
10. Chekina MS, Meledina TV, Sergacheva ES. Influence of grain germination mode on the malt enzymatic activity of the Vyatsky naked oat. Agricultural Science Euro-North-East. 2015;48(5):46–51. (In Russ.).
11. Wijngaard HH, Arendt EK. Optimization of mashing program for 100% malted buckwheat. Journal of the Institute of Brewing. 2006;112(1):57–65. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00708.x>.
12. NicPhiarais BP, Mauch A, Schehl BD, Zarnkow M, Gastl M, Herrmann M, et al. Processing of a top fermented beer brewed from 100% buckwheat malt with sensory and analytical characterization. Journal of the Institute of Brewing. 2010;116(3):265–274. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00430.x>.
13. Zarnkow M, Keßler M, Back W, Arendt EK, Gastl M. Optimisation of the mashing procedure for 100 % malted proso millet (*Panicum miliaceum* L.) as a raw material for gluten-free beverages and beers. Journal of the Institute of Brewing. 2010;116(2):141–150. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00410.x>.
14. Petrova NA, Ogannisyan VG, Ivanchenko OB. Method of preparation of non-alcoholic buckwheat beer. Beer and beverages. 2011;(5):12–14. (In Russ.).
15. Short EA, Novikova IV, Agafonov GV, Hripushin VV. Gluten-Free Kvass. Beer and beverages. 2013;(5):46–50. (In Russ.).
16. Chekina MS, Meledina TV, Khlynovskiy MD. Development of oats mashing technology. Beer and beverages. 2015;(6):44–48. (In Russ.).
17. Tanashkina TV, Semenjuta AA, Trotsenko AS, Klykov AG. Gluten-free low-alcohol beverages fermented from light and scalding buckwheat malt. Food Processing: Techniques and Technology. 2017;45(2):74–80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21179/2074-9414-2017-2-74-80>.
18. Sereda AS, Kostyleva EV, Velikoretskaya IA, Tsurikova NV. The use of a multi-enzyme preparation from *Trichoderma reesei* strain in brewing for oat mash treatment. Beer and beverages. 2018;(4):72–74. (In Russ.).
19. Tananaiko TM, Solov'ev VV. New kvases of fermentation with the antioxidant hyperactivity. Food Industry: Science and Technology. 2014;23(1):29–36. (In Russ.).
20. Shkolnikova MN, Zavorohina NV, Chugunova OV. To the problem of improving the nutritional value of kvass. Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2017;5(2):93–99. (In Russ.).
21. Kiyashkina LA, Tsugkueva VB, Tokhtieva LKh, Shabanova IA, Datieva BA. The use of black chokeberry in kvass production. Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2018;57(2):124–130. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.2.124>.
22. Aliakbarlu J, Khalili S, Mohammadi S, Naghili H. Physicochemical properties and antioxidant activity of Doshab (a traditional concentrated grape juice). International Food Research Journal. 2014;21(1):367–371.
23. Tanashkina TV, Semenjuta AA, Boyarova MD, Klykov AG. Scalded buckwheat malt: production technique and quality evaluation. Food Processing: Techniques and Technology. 2015;37(2):34–41. (In Russ.).
24. Balasundram N, Sundram K, Samman S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry. 2006;99(1):191–203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>.
25. Azevedo MI, Pereira AF, Nogueira RB, Rolim FE, Brito GAC, Wong DVT, et al. The antioxidant effects of the flavonoids rutin and quercetin inhibit oxaliplatin-induced chronic painful peripheral neuropathy. Molecular Pain. 2013;9(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/1744-8069-9-53>.

26. Hoferl V, Stoilova I, Schmidt E, Wanner J, Jirovetz L, Trifonova D, et al. Chemical composition and antioxidant properties of juniper berry (*Juniperus communis* L.) essential oil. action of the essential oil on the antioxidant protection of *saccharomyces cerevisiae* model organism. Antioxidants. 2014;3(1):81–98. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox3010081>.

#### Сведения об авторах

##### **Танашкина Татьяна Владимировна**

канд. био. наук, доцент, доцент департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (984) 140-58-38, e-mail: [tatiana.vl.tan@gmail.com](mailto:tatiana.vl.tan@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-8993-8067>


##### **Перегоедова Анастасия Андреевна**

магистрант департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (914) 700-88-44, e-mail: [peregoedovaa@mail.ru](mailto:peregoedovaa@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-8489-2752>

##### **Семенюта Анна Андреевна**

канд. техн. наук, доцент департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (914) 074-80-64, e-mail: [nyrochka\\_1988@mail.ru](mailto:nyrochka_1988@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-9503-3566>

##### **Боярова Маргарита Дмитриевна**


канд. био. наук, доцент, доцент департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (902) 056-97-05, e-mail: [boyarova.m@mail.ru](mailto:boyarova.m@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-8993-8067>

#### Information about the authors

##### **Tatiana V. Tanashkina**

Cand.Sci.(Bio.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690090, Russia, phone: +7 (984) 140-58-38, e-mail: [tatiana.vl.tan@gmail.com](mailto:tatiana.vl.tan@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-8993-8067>


##### **Anastasia A. Peregoedova**

Undergraduate of the Department of Food Sciences and Technologies of the School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690090, Russia, phone: +7 (914) 700-88-44, e-mail: [peregoedovaa@mail.ru](mailto:peregoedovaa@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-8489-2752>

##### **Anna A. Semenyuta**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690090, Russia, phone: +7 (914) 074-80-64, e-mail: [nyrochka\\_1988@mail.ru](mailto:nyrochka_1988@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-9503-3566>

##### **Margarita D. Boyarova**

Cand.Sci.(Bio.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the School of Biomedicine, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690090, Russia, phone: +7 (902) 056-97-05, e-mail: [boyarova.m@mail.ru](mailto:boyarova.m@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-8993-8067>



<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-79-86>  
УДК 533[664.143:615.322]

Оригинальная статья  
<http://fptt.ru/>

## Исследование процесса сушки шиповника в поле действия ультразвука

Е. И. Верболоз<sup>id</sup>, М. А. Иванова<sup>id</sup>, В. А. Демченко<sup>id</sup>, С. Фартуков<sup>id</sup>, Н. К. Евона\*<sup>id</sup>



Дата поступления в редакцию: 22.01.2020  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,  
197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Kronverkskiy pr., 49

\*e-mail: n412@mail.ru



© Е. И. Верболоз, М. А. Иванова, В. А. Демченко, С. Фартуков, Н. К. Евона, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Плоды шиповника богаты макро- и микронутриентами, но высокие температуры сушки разрушают большинство полезных веществ. Уменьшить время сушки и снизить температурный режим возможно за счет применения ультразвуковых технологий, положительно зарекомендовавших себя в различных отраслях пищевой промышленности. Целью исследования являлось уменьшение потери витаминов за счет применения ультразвуковых технологий, а также улучшить качественные показатели высушенного продукта.

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования является шиповник вида *Rosa canina*, собранный на юге Казахстана. Данный подвид шиповника характеризуется малым содержанием витамина С, тем не менее это самый распространенный кустарник в России и странах содружества независимых государств. После высушивания исходного сырья по стандартным методикам был проведен органолептический анализ продукта, обработанного в поле ультразвука и без него. Была измерена влажность конечного продукта и определено содержание витамина С в обоих образцах.

**Результаты и их обсуждение.** Сушку плодов шиповника осуществляли в пароконвектомате с встроенным генератором ультразвуковых волн. Были подобраны оптимальные параметры процесса сушки с применением ультразвукового воздействия: частота ультразвуковых колебаний – 22 кГц, время обработки сырого продукта – 2,5 часа, температура в камере пароконвектомата составила +56 °С. Полученный продукт соответствует требованиям ГОСТа. Подтверждена гипотеза об улучшении качественных показателей и сохранении витамина С в сырье при использовании ультразвуковой обработки в процессе сушки.

**Выводы.** Удаление влаги из плодов шиповника с наложением поля ультразвука позволяет создать ресурсосберегающую технологию, имеющую экономическое и социально важное назначение.

**Ключевые слова.** Акустика, колебания, розоцветные плоды, витамины, сырье, медицина, кондитерская промышленность, качество

**Для цитирования:** Исследование процесса сушки шиповника в поле действия ультразвука / Е. И. Верболоз, М. А. Иванова, В. А. Демченко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 79–86. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-79-86>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Ultrasound Drying of Rose Hips: a Process Study

E.I. Verboloz<sup>id</sup>, M.A. Ivanova<sup>id</sup>, V.A. Demchenko<sup>id</sup>, S. Fartukov<sup>id</sup>, N.K. Evona\*<sup>id</sup>

Received: January 22, 2020  
Accepted: March 03, 2020

ITMO University,  
49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia

\*e-mail: n412@mail.ru



© E.I. Verboloz, M.A. Ivanova, V.A. Demchenko, S. Fartukov, N.K. Evona, 2020

### Abstract.

**Introduction.** Rose hips are rich in macro- and micronutrients. Unfortunately, heat treatment destroys most nutrients. Ultrasonic technologies make it possible to reduce the drying time and lower the temperature regime. The research objective was to adjust ultrasound technology to rose hip production in order to reduce the loss of vitamins and improve the quality indicators of the dried product.

**Study objects and methods.** The research featured rose hips of the *Rosa canina* species collected in the south of Kazakhstan. This subspecies of wild rose is poor in vitamin C. Nevertheless, this shrub is extremely common in Russia and other countries of the

Commonwealth of Independent States. The raw material was dried according to standard methods. One group of samples was treated with ultrasound, while the other served as control. Both groups underwent a sensory evaluation and were tested for moisture and vitamin C.

**Results and discussion.** The rose hips were dried in a combination steam oven with a built-in ultrasonic wave generator. The research revealed the following optimal parameters of the ultrasound drying process: frequency of ultrasonic vibrations – 22 kHz, processing time – 2.5 h, temperature in the combination steam oven – +56°C, initial moisture content – 30%. The resulting product met the requirements of State Standard. The loss of moisture was 57%. According to State Standard 1994-93, the initial moisture content should be 15% or less. Time decreased from 360 min to 160 min, and the initial moisture was 13%. The experiment confirmed the initial hypothesis that ultrasonic treatment improves the drying process by improving quality indicators and preserving vitamin C in raw materials using.

**Conclusion.** Ultrasound treatment during moisture removal from rose hips provides a resource-saving technology that fulfills an economically and socially important function.

**Keywords.** Acoustics, vibrations, Rosaceae fruits, vitamins, raw materials, medicine, confectionery industry, quality

**For citation:** Verboloz EI, Ivanova MA, Demchenko VA, Fartukov S, Evona NK. Ultrasound Drying of Rose Hips: a Process Study. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):79–86. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-79-86>.

## Введение

Сегодня в каждой аптеке можно найти сушеные плоды шиповника как в измельченном виде, так и целые ягоды. Шиповник как лекарственное средство очень популярен, особенно среди людей пожилого возраста, за счет своих многочисленных полезных свойств и низкой цены в сравнении с дорогостоящими препаратами [1, 2]. Шиповник является ярким представителем растения, которое содержит в себе большое количество витаминов, в частности витамина С [3]. Это делает его незаменимым помощником в борьбе с вирусными заболеваниями.

Для применения шиповника в различных отраслях пищевой и медицинской промышленности используют тепловую обработку. Однако в процессе теряется часть витаминов, в частности витамина С [5]. Перечень витаминов, содержащихся в ягодах шиповника, представлен в таблице 1.

Плоды шиповника также широко используют для витаминизации различных кулинарных и кондитерских изделий. Из них готовят пюре, пасту, повидло, мармелад, конфеты, компот, кисели, морс и квас. Плоды шиповника применяются при производстве пивных напитков, хлеба из пшеничной муки, а также мясорастительных паштетов для

придания им дополнительных функциональных свойств [6–9].

Широкое применение в пищевой биотехнологии во всем мире получили сонохимические технологии, т. е. преобразование энергии упругих колебаний ультразвуковой частоты. Перспективными направлениями в области создания ресурсосберегающих технологий в сушке растительного сырья являются инфракрасная сушка и сушка в поле действия ультразвука. Анализируя труды российских и зарубежных ученых в данной области, авторами статьи было решено использовать ультразвук для достижения цели исследования, а именно уменьшение потери витаминов за счет применения современных ультразвуковых технологий, позволяющих снизить температурный режим и сократить время сушки, а также улучшить качественные показатели высушенного продукта [4, 11, 13–20].

Ультразвук – это распространяющееся волнообразно колебательное движение, которое совершают частицы среды. Именно эти колебания и позволяют теплоте воздуха намного быстрее разрушать пограничный слой и проникать к центру ягоды, обеспечивая равномерный прогрев и равномерное удаление влаги [10]. Эффективность ультразвуковой сушки связана с ускорением процессов теплообмена в ультразвуковом поле [12]. При этом материал высушивается и испытывает со стороны газовой среды воздействие ультразвукового поля с уровнем интенсивности до 145 дБ.

Сильное влияние акустических волн на первых стадиях сушки связано с относительно малой толщиной пограничного слоя. Сравнение ультразвуковой сушки с конвективным способом (постоянный обдув поверхности материала) показывает, что даже, когда скорость акустических потоков сравнима со скоростью постоянного потока воздуха при охлаждении, ультразвуковая сушка происходит значительно быстрее, учитывая, что толщина пограничного слоя для акустических

Таблица 1. Содержание витаминов на 100 грамм шиповника семейства «Собачий»

Table 1. Content of vitamins per 100 grams of *Rosa canina*

Витамины	Содержание, мг
С	650,000
А	434,000
Е	5,840
В <sub>9</sub>	3,000
РР	1,300
В <sub>5</sub>	0,800
В <sub>2</sub>	0,166
В <sub>6</sub>	< 1



Рисунок 1. Пароконвектомат с ультразвуковым аппаратом

Figure 1. Combination steam oven with a built-in ultrasonic wave generator

потоков меньше, чем толщина гидродинамического пограничного слоя.

Вторая стадия сушки характеризуется как период нисходящей скорости, а также пониженной влажностью материала и слабым выделением жидкости изнутри. В связи с этим не выполняется падение ее содержания на поверхности. Влияние акустических колебаний сводится к увеличению коэффициента диффузии жидкости в результате ее нагрева при поглощении ультразвука в макрокапиллярах и порах [10].

Эффективным является применение ультразвука на первой стадии, т. е. в период постоянной скорости сушки. На второй стадии процесс сушки носит характер цикла: волна выбивает влагу, которая находится на поверхности продукта, затем влага,

которая осталась внутри материала, равномерно распределяется по капиллярам и процесс запускается снова. Данный процесс происходит до тех пор, пока продукт не достигнет нужной влажности. Наиболее целесообразной ультразвуковая сушка является для мелкодисперсных материалов, которые находятся в процессе обработки в состоянии покоя, т. к. при этом является малым пороговое значение звукового давления и обеспечивается равномерная обработка продукта [10].

#### Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись плоды шиповника семейства «Собачий». Подготовительные операции заключались в мойке и удалении влаги с поверхности растительного сырья. Сушка ши-

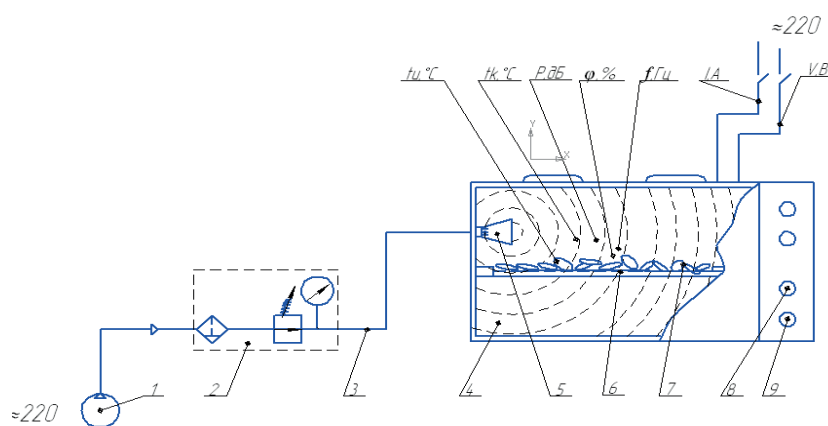


Рисунок 2. Схема установки по сушке шиповника в пароконвектомате с наложением поля ультразвука: 1 – компрессор; 2 – блок подготовки воздуха; 3 – трубопровод; 4 – пекарная камера пароконвектомата; 5 – генератор ультразвуковых волн; 6 – сетчатый поддон; 7 – высушиваемое сырье (шиповник); 8 – регулятор температурных режимов; 9 – кнопка включения/выключения

Figure 2. Installation lay-out for ultrasound drying of rose hips in a combination steam oven: 1 – compressor; 2 – air preparation unit; 3 – pipeline; 4 – baking chamber of the combination steam oven; 5 – generator of ultrasonic waves; 6 – mesh pan; 7 – dried raw materials (rose hips); 8 – temperature controller; 9 – on/off button



Рисунок 3. Плоды шиповника: (а) сушка без ультразвука; (б) сушка с применением ультразвука

Figure 3. Rose hips: (a) dried without ultrasound; (b) dried using ultrasound

повника проводилась в пароконвектомате марки Angelo Po FX61e1 со встроенным ультразвуковым технологическим аппаратом для газовых сред серии «Соловей» (модель УЗАГС-0,3/22-О) [11]. Частота ультразвуковых колебаний – 22 кГц, мощность 280 ВА. Процесс удаления влаги из сырья осуществлялся на сетчатом поддоне, который использовали для улучшения конвекции. На рисунке 1 представлен внешний вид аппарата с размещенным в нем генератором ультразвука.

Во время процесса сушки отслеживались температурные и влажностные показатели сырья. Процесс сушки осуществлялся при температуре  $t = 56\text{ }^{\circ}\text{C}$ , начальная масса плодов шиповника  $m_{\text{нач.}} = 0,7\text{ кг}$ , начальная влажность  $W_{\text{нач.}} = 30\%$ .

На рисунке 2 представлена схема установки сушки плодов шиповника с наложением поля ультразвука. Во время проведения эксперимента производились замеры температуры высушиваемого сырья, температуры и влажности в пекарной камере, уровня шума и частоты излучения ультразвукового генератора. Уровень шума не превышал 75 ДБ, частота колебалась в пределах 21–22 кГц.

### Результаты и их обсуждение

После сушки с наложением поля ультразвука общая масса плодов сократилась с 1 кг до 0,4 кг. Процент усушки составил 57 %. Влажность шиповника должна быть не более 15 % (ГОСТ 1994-93). После сушки с применением воздушного генератора ультразвука «Соловей» остаточное процентное содержание влаги составило 13 %.

На рисунке 3 представлены образцы сушеного шиповника с применением ультразвука и без.

Плоды шиповника, высушенные с применением ультразвукового генератора, имеют более равномерную окраску, чем те, что сушились только за счет конвекции.

Результаты измерений влажности в процессе сушки шиповника с применением ультразвука и без него представлены на рисунках 4 и 5.

Исходя из результатов проведенных опытов, можно сделать вывод о том, что после сушки

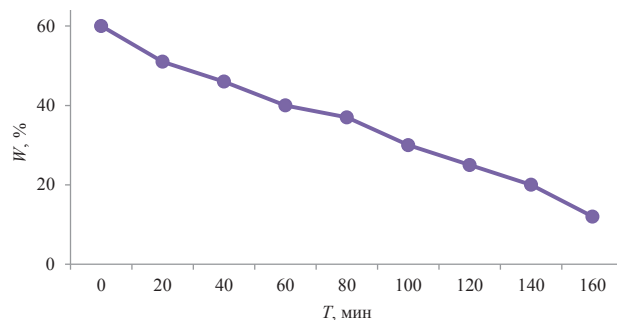


Рисунок 4. График зависимости влагосодержания от времени сушки в пароконвектомате с наложением поля ультразвука

Figure 4. Effect of drying time in a combination steam oven with ultrasound on moisture content

плодов шиповника с наложением поля ультразвука в течение 160 мин, влагосодержание ягод составляет 13 %. При сушке такого же количества шиповника в пароконвектомате без применения воздушного генератора «Соловей» требуется около 360 мин, чтобы достичь необходимого показателя влажности в готовом продукте. При этом энергозатраты на сушку шиповника без применения ультразвука выше в 2,5 раза, чем по технологии сушки с наложением поля ультразвука.

Проведя лабораторные исследования содержания витамина С в сырье, высушенном без применения ультразвуковой технологии и с наложением поля ультразвука, получили данные, представленные в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, содержание витамина С при сушке сырья с наложением поля ультразвука – это более щадящая температурная обработка, позволяющая сохранить больше полезных веществ в обработанном сырье. Данная технология позволяет повысить уровень содержания витамина С в высушенном продукте, а значит содержание

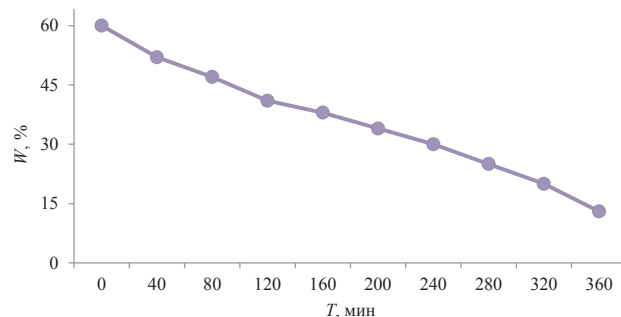


Рисунок 5. График зависимости влагосодержания от времени сушки в пароконвектомате без применения ультразвука

Figure 5. Effect of drying time in a combination steam oven without ultrasound on moisture content

Таблица 2. Содержание витамина С в образцах шиповника

Table 2. Vitamin C content in rose hip samples

Определяемые показатели	Результаты исследований	НД на методы исследований
Код Б-19-22921-1-шиповник без обработки ультразвуком		
Витамин С	424 мг/100 г	М 04-07-2010
Код Б-19-22921-2-шиповник с обработкой ультразвуком		
Витамин С	509 мг/100 г	М 04-07-2010

витаминов, перечисленных в таблице 1, по мнению авторов, будет иметь повышенные показатели.

Анализ качественных показателей образцов шиповника показал, что за счет применения ультразвука в процессе сушки удастся в большей степени сохранить цвет и запах. Вкус при заваривании отличается большей насыщенностью, по сравнению с шиповником, высушенным без ультразвука. Номограмма качественных показателей представлена на рисунке 6.

Анализ качественных показателей осуществлялся по 5 бальной шкале. Применение шкалы позволило привлечь к оцениванию дегустаторов с невысокой сенсорной чувствительностью и небольшим опытом.

### Выводы

Применение ультразвука позволяет увеличить скорость процесса сушки в 2 раза, уменьшить потери витаминов на 17 %, а значит улучшить качество выпускаемого продукта. Уменьшение времени температурной обработки позволяет снизить энергозатраты на производственный процесс, снижение энергозатрат – себестоимость выпускаемой продукции.

### Критерий авторства

Е. И. Верболоз руководила проектом. М. А. Иванова и В. А. Демченко занималась разработкой методики эксперимента, преобразованием получен-

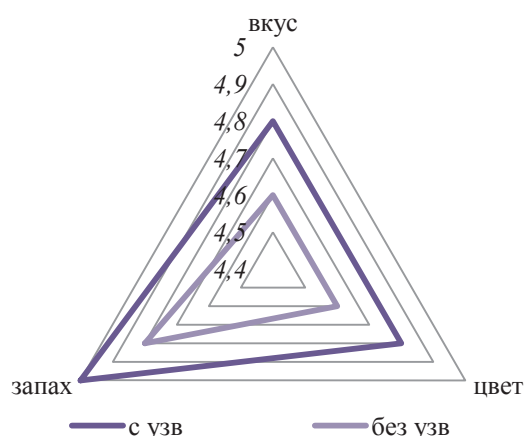


Рисунок 6. Номограмма качественных показателей шиповника, высушенного с применением ультразвука и без

Figure 6. Nomographic chart of quality indicators of rose hips dried with and without ultrasound

ных данных в статью. С. Фартуков и Н. К. Евона занимались закупкой сырья, проведением эксперимента, сбором полученных данных.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution

E.I. Verboloz supervised the project. M.A. Ivanova and V.A. Demchenko were engaged in the development of experimental techniques and converting the data into a readable form. S. Fartukov and N.K. Evona purchased raw materials, conducted the experiment, collected and processed the data.

### Conflict of interest

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

### Список литературы

1. Gurol, A. Herbal supplement products used by mothers to cope with the common health problems in childhood / A. Gurol, A. S. Taplak, S. Polat // *Complementary Therapies in Medicine*. – 2019. – Vol. 47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.102214>.
2. Santos, J. S. Rosehip as a potential healing agent / J. S. Santos, L. C. L. De Sá Barreto, I. Kamada // *Revista Cubana de Enfermeria*. – 2018. – Vol. 34, № 1.
3. Ламан, Н. Шиповник – природный концентрат витаминов и антиоксидантов / Н. Ламан, Н. Копылова // *Наука и инновации*. – 2017. – Т. 176, № 10. – С. 45–49.
4. Mason, T. J. Power ultrasound in food processing – the way forward / T. J. Mason // *Ultrasound in Food Processing* / M. J. W. Povey, T. J. Mason. – London : Blackie Academic and Professional, 1998. – P. 105–126.
5. Kadacal, C. Thermal degradation kinetics of ascorbic acid, thiamine and riboflavin in rosehip (*Rosa canina L*) nectar / C. Kadacal, T. Duman, R. Ekinci // *Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 38, № 4. – P. 667–673. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.11417>.
6. Иванченко, О. Б. Применение плодов шиповника в технологии пивных напитков / О. Б. Иванченко, М. М. Данина // *Пиво и напитки*. – 2015. – № 2. – С. 12–15.
7. Применение сиропа из плодов шиповника при производстве хлеба из муки пшеничной / О. А. Блинова, Н. В. Праздничкова, А. П. Троц [и др.] // *Успехи современной науки*. – 2016. – № 1. – С. 45–47.

8. Скрипникова, Д. П. Изучение влияния порошка плодов шиповника на химический состав и функционально-технологические свойства мясорастительных паштетов / Д. П. Скрипникова, К. А. Лещуков // *International Scientific Review*. – 2016. – Т. 17, № 7. – С. 27–30.
9. The influence of rosehip polyphenols on the quality of smoked pork sausages, compared to classic additives / V. Nicorescu, C. Papuc, C. Predescu [et al.] // *Revista de Chimie*. – 2018. – Vol. 69, № 8. – P. 2074–2080.
10. Sastry, S. K. Effect of ultrasonic vibration on fluid-to-particle convective heat transfer coefficients / S. K. Sastry, G. Q. Shen, J. L. Baisdell // *Journal of Food Science*. – 1989. – Vol. 54, № 1. – P. 229–230. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb08611.x>.
11. Influence of temperature and ultrasound on drying kinetics and antioxidant properties of red pepper / J. A. Carcel, D. Castillo, S. Simal [et al.] // *Drying Technology*. – 2018. – Vol. 37, № 4. – P. 486–493. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1473417>.
12. Mathematical modeling of spicy herbs intensive drying with ultrasound / E. I. Verboloz, M. A. Ivanova, V. A. Demchenko [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2020. – Vol. 421, № 3. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/3/032054>.
13. Influence of ultrasound application on both the osmotic pretreatment and subsequent convective drying of pineapple (*Ananas comosus*) / J. L. G. Correa, M. C. Rasia, A. Mulet // *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. – 2017. – Vol. 41. – P. 284–291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.002>.
14. Model-based investigation into atmospheric freeze drying assisted by power ultrasound / J. V. Santacatalina, D. Fissore, J. A. Carcel // *Journal of Food Engineering*. – 2015. – Vol. 151. – P. 7–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.013>.
15. Food drying process by power ultrasound / S. de la Fuente-Blanco, ERF de Sarabia, VM Acosta-Aparicio [et al.] // *Ultrasonics*. – 2006. – Vol. 44. – P. E523–E527. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2006.05.181>.
16. Secado convectivo de alimentos asistido por ultrasonidos de potencia / J. V. García-Perez, J. Bon, J. A. Carcel [et al.] // *44º Congreso Español de acústicaencuentro*. – Valladolid, 2013. – P. 1585–1591.
17. Effect of ultrasound on drying kinetics of El Henna leaves (*Lawsonia inermis*) / S. Bennaceur, L. Bennamoun, A. Mulet [et al.] // *IDS'2018: 21<sup>st</sup> International Drying Symposium / Polytechnic University of Valencia*. – Valencia, 2018. – P. 887–894. DOI: <https://doi.org/10.4995/ids2018.2018.7530>.
18. Юдин, А. В. Эффективность сушки кипрей-чая с применением ультразвука / А. В. Юдин, Е. И. Верболоз // *Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО: Материалы XLVI научной и учебно-методической конференции / Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики*. – СПб., 2017. – С. 332–335.
19. Mieszczakowska-Frac, M. Effects of ultrasound on polyphenol retention in apples after the application of predrying treatments in liquid medium / M. Mieszczakowska-Frac, B. Dyki, D. Konopacka // *Food and Bioprocess Technology*. – 2015. – Vol. 9, № 3. – P. 543–552. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1648-z>.
20. Impact of power ultrasound on chemical and physicochemical quality indicators of strawberries dried by convection / J. Gamboa-Santos, A. Montilla, A. C. Soria [et al.] // *Food Chemistry*. – 2014. – Vol. 161. – P. 40–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.106>.

## References


1. Gurol A, Taplak AS, Polat S. Herbal supplement products used by mothers to cope with the common health problems in childhood. *Complementary Therapies in Medicine*. 2019;47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.102214>.
2. Santos JS, De Sá Barreto LCL, Kamada I. Rosehip as a potential healing agent. *Revista Cubana de Enfermeria*. 2018;34(1).
3. Laman N, Kapylova N. Rosehips as a natural concentrate of vitamins and antioxidants. *Science and Innovations*. 2017;176(10):45–49. (In Russ.).
4. Mason TJ. Power ultrasound in food processing – the way forward. In: Povey MJW, Mason TJ, editors. *Ultrasound in Food Processing*. London: Blackie Academic and Professional; 1998. pp. 105–126.
5. Kadakal C, Duman T, Ekinci R. Thermal degradation kinetics of ascorbic acid, thiamine and riboflavin in rosehip (*Rosa canina L*) nectar. *Food Science and Technology*. 2018;38(4):667–673. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457x.11417>.
6. Ivanchenko OB, Danina MM. The use of rose hips in the technology of beer drinks. *Beer and beverages*. 2015;(2):12–15. (In Russ.).
7. Blinova OA, Prazdnichkova NV, Trots AP, Makushin AN. The use of syrup from hips in the production of bread from wheat flour. *Modern science success*. 2016;(1):45–47. (In Russ.).
8. Skripnikova DP, Leshchukov KA. The study of the influence of the powder of rosehips on the chemical composition and functional and technological properties of and cereal paste. *International Scientific Review*. 2016;17(7):27–30. (In Russ.).
9. Nicorescu V, Papuc C, Predescu C, Gajaila I, Petcu C, Stefan G. The influence of rosehip polyphenols on the quality of smoked pork sausages, compared to classic additives. *Revista De Chimie*. 2018;69(8):2074–2080.
10. Sastry SK, Shen GQ, Blaisdell JL. Effect of ultrasonic vibration on fluid-to-particle convective heat-transfer coefficients. *Journal of Food Science*. 1989;54(1):229–230. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb08611.x>.

11. Carcel JA, Castillo D, Simal S, Mulet A. Influence of temperature and ultrasound on drying kinetics and antioxidant properties of red pepper. *Drying Technology*. 2019;37(4):486–493. DOI: <https://doi.org/10.1080/07373937.2018.1473417>.
12. Verboloz EI, Ivanova MA, Demchenko VA, Moldovanov D, Evona NK. Mathematical modeling of spicy herbs intensive drying with ultrasound. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;421(3). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/421/3/032054>.
13. Correa JLG, Rasia MC, Mulet A, Carcel JA. Influence of ultrasound application on both the osmotic pretreatment and subsequent convective drying of pineapple (*Ananas comosus*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2017;41:284–291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.002>.
14. Santacatalina JV, Fissore D, Carcel JA, Mulet A, Garcia-Perez JV. Model-based investigation into atmospheric freeze drying assisted by power ultrasound. *Journal of Food Engineering*. 2015;151:7–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.013>.
15. de la Fuente-Blanco S, de Sarabia ERF, Acosta-Aparicio VM, Blanco-Blanco A, Gallego-Juarez JA. Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics*. 2006;44:E523–E527. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2006.05.181>.
16. García-Perez JV, Bon J, Carcel JA, Mulet A, Gallego-Juarez JA, Acosta VM, et al. Secado convectivo de alimentos asistido por ultrasonidos de potencia [Convective drying of food assisted by power ultrasound]. 44<sup>o</sup> Congreso Español de acústicaencuentro [44<sup>th</sup> Spanish Congress of Acoustics Encounter]; 2013; Valladolid. Valladolid; 2013. p. 1585–1591. (In Spanish).
17. Bennaceur S, Bennamoun L, Mulet A, Draoui B, Carcel JA. Effect of ultrasound on drying kinetics of El Henna leaves (*Lawsonia inermis*). *IDS'2018: 21<sup>st</sup> International Drying Symposium*; 2018; Valencia. Valencia: Polytechnic University of Valencia; 2018. p. 887–894. DOI: <https://doi.org/10.4995/ids2018.2018.7530>.
18. Yudin AV, Verboloz EI. Ehffektivnost' sushki kiprey-chaya s primeneniem ul'trazvuka [Efficiency of ultrasound drying of rosebay tea]. *Al'manakh nauchnykh rabot molodykh uchenykh Universiteta ITMO: Materialy XLVI nauchnoy i uchebno-metodicheskoy konferentsii* [Almanac of scientific works of young scientists of ITMO University: Materials of the XLVI scientific and educational conference]; 2017; St. Petersburg. St. Petersburg: ITMO University; 2017. p. 332–335. (In Russ.).
19. Mieszczakowska-Frac M, Dyki B, Konopacka D. Effects of ultrasound on polyphenol retention in apples after the application of predrying treatments in liquid medium. *Food and Bioprocess Technology*. 2016;9(3):543–552. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1648-z>.
20. Gamboa-Santos J, Montilla A, Soria AC, Carcel JA, Garcia-Perez JV, Villamiel M. Impact of power ultrasound on chemical and physicochemical quality indicators of strawberries dried by convection. *Food Chemistry*. 2014;161:40–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.106>.

#### Сведения об авторах


##### Верболоз Елена Игоревна

д-р. техн. наук, профессор, доцент факультета пищевой биотехнологии и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, e-mail: [elenaverboloz@mail.ru](mailto:elenaverboloz@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-9460-6251>

##### Иванова Марина Александровна

канд. техн. наук, доцент факультета пищевой биотехнологии и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, e-mail: [mtomz85@mail.ru](mailto:mtomz85@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-8450-7284>

##### Демченко Вера Артемовна


канд. техн. наук, старший преподаватель факультета пищевой биотехнологии и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, e-mail: [dem8484@gmail.com](mailto:dem8484@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-1051-8933>

#### Information about the authors


##### Elena I. Verboloz

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Associate Professor of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, ITMO University, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, e-mail: [elenaverboloz@mail.ru](mailto:elenaverboloz@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-9460-6251>

##### Marina A. Ivanova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, ITMO University, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, e-mail: [mtomz85@mail.ru](mailto:mtomz85@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-8450-7284>


##### Vera A. Demchenko

Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, ITMO University, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, e-mail: [dem8484@gmail.com](mailto:dem8484@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-1051-8933>

**Фартуков Сергей**

магистр факультета пищевой биотехнологии и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, e-mail: sergey.96f@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2248-7430>


**Sergey Fartukov**

Master of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, ITMO University, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, e-mail: sergey.96f@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-2248-7430>


**Евона Никита Константинович**

аспирант факультета пищевой биотехнологии и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, e-mail: n412@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9402-2889>

**Nikita K. Evona**

Postgraduate Student of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, ITMO University, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, e-mail: n412@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9402-2889>



## Целесообразность применения деки из вязкоупругого материала при шелушении зерна гречихи

В. А. Марьин\*<sup>ORCID</sup>, А. Л. Верещагин<sup>ORCID</sup>, А. А. Иванов



ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал)  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет  
им. И. И. Ползунова»,  
659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

Дата поступления в редакцию: 27.05.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: [tehbiysk@mail.ru](mailto:tehbiysk@mail.ru)



© В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, А. А. Иванов, 2020

### Аннотация.

**Введение.** При переработке зерна гречихи до 7,0 % ядра зерна переходит в крупу продел и кормовую муку, что позволяет говорить о значительных потерях ядра при производстве крупы ядрицы и о снижении прибыли производства. Применение новых методов воздействия на зерно при шелушении повысит коэффициент использования зерна и рентабельность. Целью работы является оценка рациональности применения вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи.

**Объекты и методы исследования.** Зерно гречихи, выращенное в предгорной части Алтайского края в 2018 г., которое перед шелушением разделили на шесть фракций по крупности. Испытания эффективности шелушителей проводили с абразивной (стандартной) и вязкоупругой (твердость по Шору – А-80-95, модуль упругости – 2,8 МПа) деками.

**Результаты и их обсуждение.** Проведенные исследования показали, что одновременное применение абразивной и вязкоупругой дек на вальцедековом станке марки 2ДШС-3Б позволяет уменьшить массовую долю разрушенного ядра на этапе шелушения зерна. Результаты производственных испытаний при переработке 23000 тыс. тонн зерна гречихи демонстрируют, что ресурс вязкоупругих дек на разных фракциях составляет от 6 до 12 месяцев. Анализ работы вязкоупругих дек в производственных условиях позволяет утверждать, что происходит увеличение массовой доли крупы ядрицы на 1,5 % за счет уменьшения крупы продел и кормовой муки. Проведенные планово-экономические расчеты показали увеличение маржинальной прибыли на 800,0 тыс руб. в месяц.

**Выводы.** Использование вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи всех фракций позволит увеличить рентабельность производства крупы гречневой ядрицы на 1,8 % и повысить выход готовой продукции на 1,5 %.

**Ключевые слова.** Гречиха, ядро, дека, переработка, фракция, коэффициент использования ядра

**Финансирование.** Работа выполнена на базе Бийского технологического института (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», руководитель М. А. Ленский.

**Для цитирования:** Марьин, В. А. Целесообразность применения деки из вязкоупругого материала при шелушении зерна гречихи / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, А. А. Иванов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 87–95. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-87-95>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Application of Visco-Elastic Deck in Decortivating Buckwheat Grains

V.A. Marin\*<sup>ORCID</sup>, A.L. Vereshchagin<sup>ORCID</sup>, A.A. Ivanov

Biyisk technological institute is a subsidiary of  
Polzunov Altai State Technical University,  
27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia

Received: May 27, 2019  
Accepted: March 03, 2019

\*e-mail: [tehbiysk@mail.ru](mailto:tehbiysk@mail.ru)



© V.A. Marin, A.L. Vereshchagin, A.A. Ivanov, 2020

### Abstract.

**Introduction.** During buckwheat processing, up to 7.0% of the kernels turn into feed meal. This loss causes a significant decrease in profits during the production of buckwheat groats. Decortivating of buckwheat is complicated by the fact that the size uniformity

of the grain mass does not exceed 40–50%. Since the grain size varies greatly, the mass is divided into fractions to optimize the decorticating process. Sorting of grain into size fractions with subsequent calibration increases the efficiency of decorticating. The procedure makes it possible to choose the appropriate decorticating mode while maintaining the integrity of the kernel. New methods of decorticating improve the utilization of grain and, consequently, profitability. The research objective was to assess the rationality of the use of visco-elastic material for decorticating buckwheat grain.

*Study objects and methods.* The research featured buckwheat grain, which was divided into six fractions by size before decorticating. The grain was harvested in the foothill part of the Altai Territory in 2018. The effectiveness of the procedure was tested using a standard abrasive deck and a visco-elastic deck with Shore hardness = A-80-95 and elastic modulus = 2.8 MPa.

*Results and discussion.* A simultaneous use of a visco-elastic deck and an abrasive deck on a Valdecede machine reduced the mass fraction of the destroyed kernels at the stage of decorticating. The production tests involved processing of 23,000 thousand tons of buckwheat grain. The resource of visco-elastic decks in different fractions ranged from 6 to 12 months. The tests proved that visco-elastic decks provided a 1.5% increase in the mass fraction of buckwheat groats due to a reduction in the resulting feed meal. A set of economic calculations showed an increase in the marginal profit by 800,000 rubles per month.

*Conclusion.* The use of visco-elastic decks during decorticating of buckwheat grain of all fractions increased the profitability of buckwheat groats production by 1.8% and raised the yield by 1.5%.

**Keywords.** Kernel integrity, visco-elastic deck, buckwheat, decorticating, kernel utilization ratio, fraction.

**Funding.** The research was performed on the premises of Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, project manager – M.A. Lenskiy.

**For citation:** Marin VA, Vereshchagin AL, Ivanov AA. Application of Visco-Elastic Deck in Decorticating Buckwheat Grains. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):87–95. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-87-95>.

## Введение

Гречиха является ценной продовольственной культурой, которая традиционно является сырьем для изготовления гречневой крупы, муки и других ценных продуктов питания, а также используется в медицинской практике для профилактики и лечения различных заболеваний [1–8]. Гречневая крупа относится к тем пищевым продуктам, которые, обладая массой полезных для человеческого организма веществ, не теряют их в полном объеме даже при гидротермической обработке [9–14].

Технологии переработки зерна гречихи достаточно известны. Однако при массовой доле ядра 78,0 % выход крупы ядрицы составляет не более 71,0 %. Основные потери связаны с технологией шелушения. Ядро гречихи является хрупким и при шелушении раскалывается, уменьшая процент выхода крупы ядрицы и увеличивая выход продела и кормовой муки [15].

Важнейшим физическим свойством зерна является его прочность, способность сопротивляться разрушению. От этого показателя зависят процессы дробления при шелушении зерна. В настоящее время для шелушения зерна гречихи используются различные шелушительные машины. Принцип механического воздействия на зерно и характер вызываемой ими деформации основан на сжатии и сдвиге [16]. Рабочими органами машин являются две поверхности из жесткого материала. Проходя рабочую зону, зерно подвергается воздействию сдвигающих усилий со стороны вращающего абразивного вала и тормозящих усилий со стороны абразивной деки. В результате плодовые оболочки гречихи разламываются по граням, ядро отделяется от них. По такому принципу работают вальцедековые

станки с неподвижной декой и вращающимся валом [17]. Основным требованием, предъявляемым к шелушительным машинам, является высокая степень шелушения при максимальном сохранении целостности ядра [18].

Для выбора эффективного способа шелушения необходимо учитывать особенности строения зерна, показатели структурно-механических свойств и степень связи ядра с оболочкой. Шелушение гречихи усложняется еще и тем, что однородность и выравненность зерновой массы по крупности составляет не более 40–50 %. Так как размеры зерна гречихи различаются по размеру поперечного сечения (по крупности), то для оптимизации процесса шелушения ее делят на фракции. Сортирование зерна на фракции по крупности с последующим калиброванием проводится для того, чтобы повысить эффективность шелушения однородных по крупности фракций. Для них легче подобрать режим шелушения, при котором лучше снимаются пленки и оболочки зерна при сохранении целостности ядра. Сортирование зерна на фракции способствует повышению эффективности разделения продуктов шелушения и выделения чистого ядра. Рабочий зазор для шелушения подбирают индивидуально для каждой фракции по крупности.

Основной проблемой экономики является снижение затрат на производство продукции. Этот важнейший экономический показатель отражает результаты производственной деятельности. Увеличение эффективности переработки зерна в крупу характеризуется целым рядом технико-экономических показателей работы гречезавода и определяется повышением коэффициента испо-

льзования зерна, а также качеством и выходом готовой продукции [19].

Для повышения коэффициента использования зерна нужно применять новые методы и способы воздействия на зерно в процессе его шелушения [20]. К сожалению, работ в этом направлении проводится недостаточно. Поэтому исследования, направленные на более глубокое изучение и интенсификацию этих процессов с определением качественных характеристик продукции, являются актуальными и практически значимыми. Научная новизна данного исследования заключается в возможности модернизации существующего отечественного оборудования.

Целью настоящей работы является оценка рациональности применения вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи.

#### **Объекты и методы исследования**

Для испытания были отобраны партии рядового зерна гречихи собранного в предгорной зоне Алтайского края 2018 года. Объектом исследования являются зерна, разделенные на фракции по крупности, на которые его делили перед шелушением. Шелушение осуществляли на вальцедековых станках с двумя деками стандартным (с абразивным валком и двумя абразивными деками) и исследуемым (с абразивным валком, одной декой из абразивного материала, другой – из вязкоупругого) способами.

Все партии зерна, которые были направлены для исследования соответствовали требованиям ГОСТ Р 56105-2014. Крупу ядрицу вырабатывали согласно требованиям ГОСТ 55290-2012.

Испытания проводили в производственных условиях по технологии, в которой зерно перед шелушением сортировали по крупности на шесть фракций. Применение такого технологического этапа позволяет получать однородные по крупности фракции зерна.

Образцы для исследования отобрали на гречезаводе производительностью 4 т/ч. В экспериментальной части приведены средние значения показателей. Достоверность полученных результатов подтверждена 3–5 кратной повторностью экспериментов. Все исследования обрабатывали статистически. Эффективность работы технологии оценивали по массовой доле целого ядра после шелушения по общепринятым методикам.

Исследование проводили следующим образом: зерно гречихи доводили до крупных кондиций и направляли в цех (гречезавод); пройдя все необходимые технологические операции, зерно направляли на шелушение. Отбор и формирование партий зерна для исследования проводили согласно ГОСТ 26312-84.

Совершенствование технологических процессов переработки зерна направлено на улучшение его технологических свойств [21]. Применение гидротермической обработки (ГТО) фракционирования зерна перед шелушением позволило в производственных условиях значительно повысить выход и качество готового продукта при одновременном увеличении выхода крупы ядрицы и уменьшении продела. Из-за несовершенства технических процессов шелушения зерна гречихи в производственных условиях под воздействием рабочих органов шелушительных машин происходит интенсивное разрушение как отделяемых наружных оболочек, так и ядра. При этом в продуктах шелушения накапливаются дробленые частицы ядра и мучнистые частицы, которые, в случае производства недробленой крупы, являются побочными, т. е. менее ценными продуктами технологии, чем крупа.

Необходимо отметить, что к специфическим признакам качества зерна гречихи относят расположение, размер и форму зародыша. Большая часть зародыша заключена внутри ядра в виде S-образного лепестка, поэтому в процессе переработки зерна в крупу на этапе шелушения ядро легко раскалывается. Эндосперм состоит из крупных тонкостенных клеток, консистенция мучнистая. Он хрупкий и легко дробится при переработке зерна.

Переработка зерна гречихи в крупу ядрицу может привести к образованию дробленого ядра, т. к. после удаления плодовых оболочек ядро гречихи разрушается на части [22]. Это снижает технологические и экономические показатели переработки зерна гречихи, т. к. стоимость дробленого ядра (продела) и мучки значительно ниже стоимости недробленого (крупа ядрица).

Особенностью используемой при испытании технологии является применение высоких температурных режимов пропаривания, а также низкое содержание мелких зерен в крупных фракциях в процессе сортирования зерна (до 9 раз), чем в технологии, представленной в «Правилах организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях» [23–26].

В процессе исследования шелушения зерна гречихи использовали вальцедековые станки марки 2ДШС-3Б с двумя деками на первой, второй, третьей и четвертой фракциях; на пятой и шестой фракциях с одной декой. Такой подход обоснован малым содержанием пятой и шестой фракций. Фракционный состав зерна гречихи, на который разделяли зерно перед шелушением, представлен в таблице 1.

Анализ таблицы позволяет утверждать, что однородность и выравненность используемого для испытаний зерна гречихи составляет не более 48,0 %. Наименьшая массовая доля относится к шестой фракции и составляет не более 0,5 %.

Научные исследования выполнены на базе Бийского технологического института (филиал)

Таблица 1. Фракционный состав зерна гречихи урожая 2018 года

Table 1. Fractional composition of buckwheat grain harvested in 2018

Массовая доля фракций, %					
1 фракция	2 фракция	3 фракция	4 фракция	5 фракция	6 фракция
30,5	48,0	14,0	6,0	1,0	0,5

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова».

### Результаты и их обсуждение

При проведении исследований в производственных условиях была использована принципиальная схема переработки зерна гречихи при делении его на шесть фракций перед шелушением (рис. 1).

Для испытаний было использовано зерно с влажностью 13,5 %, т.к. на используемых для шелушения станках 2ДШС-3Б такая влажность является наиболее оптимальной. Принцип работы таких станков основан на взаимодействии зерна с вращающимся валом и отодвинутой на некоторое расстояние (зазор) жестко закрепленной декой. Вращающийся валок захватывает зерно и увлекает его в рабочую зону (зазор) между волком и декой. При входе в рабочую зону к зерну прикладывается усилия сжатия и сдвига за счет контакта с неподвижной декой. Таким образом, чтобы избежать дробления

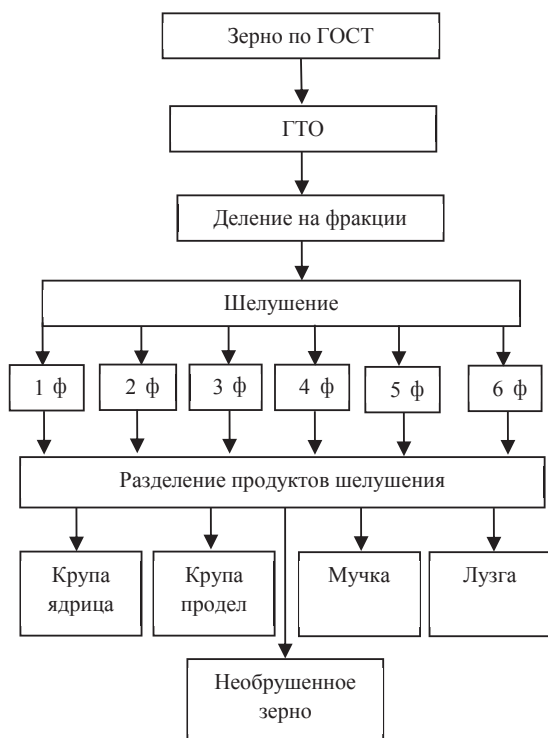


Рисунок 1. Применяемая схема переработки зерна гречихи

Figure 1. Scheme for buckwheat grain processing

Таблица 2. Результаты испытаний вязкоупругих дек до полного износа для каждой фракции

Table 2. Wear-out tests of visco-elastic decks for each fraction

Номер фракции	1	2	3	4	5	6
Время работы (месяц)	6	8	7	7	> 12	> 12

ядра, зазор не должен быть меньше размера ядра. Изменение зазора в рабочей зоне станка может приводить к уменьшению эффективности шелушения при увеличении зазора и высокой дробимости ядра при его уменьшении.

Для сохранения качества и целостности ядра при шелушении зерна гречихи на вальцедековых станках 2ДШС-3Б было предложено заменить одну из абразивных дек на деку из вязкоупругого материала такого же размера. В отличие от упругой (абразивной) она допускает неупругую деформацию, что приводит к более длительному контакту зерна с декой и увеличивает эффективность отделения плодовых пленок от ядра при сохранении его целостности.

Для исследования использовали материал со следующими показателями: твердость по Шору А-80-95; относительное удлинение при разрыве не менее 350 %; стойкость к износу не более 0,07 см<sup>3</sup>; прочность при разрыве не менее 35 Мпа [27].

Результаты производственных испытаний при переработке 23 тыс тонн зерна гречихи показали, что ресурс вязкоупругих дек на разных фракциях различен. Такое различие связано как с содержанием массовой доли фракции в зерне, так и с регулировкой зазора между декой и абразивным барабаном. Опыт эксплуатации показал, что с уменьшением зазора, которое меньше размера ядра, наблюдается его незначительное дробление. При этом износ деки становится

Таблица 3. Результаты технологических испытаний

Table 3. Results of technological tests

Наименование продукта	Массовая доля готового продукта, %		
	С абразивной и вязкоупругой деками	С двумя абразивными деками	По «Правилам организации и ведения технологического процесса на крупных предприятиях»
Крупа ядрица	72,5	71,0	62,0
Крупа продел	–	0,8	5,0
Мучка кормовая	0,3	1,0	3,5

значительным, время ее эксплуатации может уменьшиться в несколько раз. Исследование фракционного состава зерна показало, что оно зависит от сорта, условий произрастания и зрелости зерна.

Результаты использования вязкоупругих дек до полного износа на шести вальцедековых станках для каждой фракции зерна представлены в таблице 2.

Анализ таблицы позволяет утверждать, что деки разных фракций срабатываются не равномерно. Такое поведения дек связано с разной регулировкой дек и различной массовой долей зерна во фракциях. Деки не менялись в течение года непрерывной работы на пятой и шестой фракциях. Массовая доля зерна составляла 1,0 и 0,5 % соответственно.

В таблице 3 представлены результаты сравнительного анализа шелушения зерна гречихи двумя способами (с абразивной и вязкоупругой деками; с двумя абразивными деками), а также согласно «Правилам организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях».

Анализ таблицы позволяет утверждать, что проведенные производственные исследования с использованием вязкоупругих дек увеличивают массовую долю крупы ядрицы на 1,5 % за счет уменьшения крупы продел и кормовой муки. Такой подход к шелушению ядра позволяет вырабатывать крупу ядрицу без продела.

Необходимо отметить, что особенностью использования вязкоупругих дек на шелушильных



Рисунок 2. Крупа гречневая ядрица, полученная при переработке зерна гречихи с двумя абразивными деками

Figure 2. Buckwheat groats obtained by processing buckwheat grain with two abrasive decks

станках 2ДШС-3Б является изменение режимов шелушения: теперь абразивная дека незначительно повреждает и деформирует оболочку, а вязкоупругая окончательно отделяет ядро от оболочки (грубая и точная настройка дек при шелушении). Указанный подход к шелушению позволил улучшить органолептические показатели крупы ядрицы при шелушении вязкоупругими деками. На ядрах не обнаружены повреждения семенной оболочки

Таблица 4. Планово-экономические показатели при шелушении гречихи при использовании абразивных и вязкоупругих дек

Table 4. Planning and economic indicators for decorticating buckwheat using abrasive and visco-elastic decks

Объем сырья, тонн	Суточная	Суток	Всего за месяц	
	100	27	2700	
Наименование			Стандартная	Вязкоупругая
Цена одной тонны готовой продукции б/НДС, тыс руб			20,000	20,000
Выход продукции, %			71,0	72,5
Количество продукции, тонн			1917	1957,5
Стоимость основной продукции, тыс руб.			38340	39150
Стоимость побочной продукции, тыс руб.	Кормовой зернопродукт, мучка – 2 руб/кг, продел 10 руб/кг		270	16,2
Стоимость продукции, тыс руб.			38610	39166,2
Переменные затраты, тыс руб			34347,1	34358
Стоимость сырья б/НДС, тыс руб.	12 000		32400	32400
Мешкотара, тыс руб.	20 мешков/тн	10,92	507,9	512,9
Заработная плата, тыс руб.	250 тн зерна		675	675
Отчисления от з/пл., %	30,8		208	208
Электроэнергия, тыс руб	60 кВт/тн зерна		556,2	556,2
Деки, тыс руб			4,7	5,9
Переменные затраты на переработку, тыс руб.			1947,1	1958
Переменные затраты на переработку 1 тонны готовой продукции, тыс руб.			17,92	17,55
Маржинальная прибыль, тыс руб.			3992,9	4792
Рентабельность (маржинальная прибыль), %			10,4	12,2
Стоимость переработки 1 тонны зерна, тыс руб.			0,721	0,725
Стоимость производства 1 тонны готовой продукции, тыс руб.			1,02	1,00

граней и ребер, незначительное количество которых присутствуют при шелушении абразивными деками (0,2–0,8 %) (рис. 2). Высокое содержание таких повреждений свидетельствует о неправильной регулировке зазора между валком и декой или их износе.

Расчет планово-экономические показателей завода по переработке зерна гречихи проводили для гречезавода производительностью 100 т/сут. Результаты представлены в таблице 4. Цены на зерна, крупу, электроэнергию и другие затраты взяты из расчета как средние на текущий период.

Анализ представленных данных позволяет утверждать, что использование вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи обеспечивает более высокий маржинальный доход. Использование вязкоупругих дек позволяет увеличить маржинальную прибыль на 800,0 тыс руб. в месяц. Увеличение прибыли и рентабельности на 1,8 % связано с уменьшением переменных затрат.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования вязкоупругих дек на вальцедековых станках для шелушения зерна гречихи.

#### Выводы

Установлено, что использование вязкоупругих дек при шелушении зерна гречихи всех фракций позволяет увеличить рентабельность производства

крупы гречневой ядрицы на 1,8 % и повысить выход готовой продукции не менее чем на 1,5 %, а также производить крупу гречневую ядрицу без продела и кормовой мучки.

#### Критерии авторства

Авторы в равной степени принимали участие в исследованиях и оформлении рукописи.

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

#### Благодарности

Благодарим всех уважаемых коллег, которые помогли при работе над статьей.

#### Contribution

The authors equally participated in the research and preparation of manuscript.

#### Conflict of interest

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

#### Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to all colleagues who helped to write this article.

#### Список литературы

1. Фесенко, А. Н. Морфогенетический метод селекции гречихи (*Fagopyrum esculentum Moench*) / А. Н. Фесенко, Н. Н. Фесенко, И. О. Романов. – СПб. : ВИР, 2017. – 164 с.
2. Nutrient content in buckwheat milling fractions / V. Skrabanja, I. Kreft, T. Golob [et al.] // Cereal Chemistry. – 2004. – Vol. 81, № 2. – P. 172–176. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.2.172>.
3. Alencar, N. M. M. Advances in pseudocereals: crop cultivation, food application, and consumer perception / N. M. M. Alencar, L. de Carvalho Oliveira // Bioactive molecules in food / J.-M. Mérillon, K. G. Ramawat. – Cham : Springer, 2019. – P. 1695–1713. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6\\_63](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_63).
4. Aluko, R. E. Miscellaneous foods and food components / R. E. Aluko // Functional foods and nutraceuticals / R. E. Aluko. – New York : Springer, 2012. – P. 127–146. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3480-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3480-1_9).
5. Gluten-free cereals and pseudocereals: nutrition and health / M. F. de Frutos, B. Fotschki, R. F. Musoles [et al.] // Bioactive molecules in food / J. M. Mérillon, K. G. Ramawat. – Cham : Springer, 2018. – P. 1–18. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8\\_60-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_60-1).
6. Mert, I. D. Microstructure of gluten-free baked products / I. D. Mert, G. Sumnu, S. Sahin // Imaging technologies and data processing for food engineers / N. Sozer. – Cham : Springer, 2016. – P. 197–242. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24735-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24735-9_7).
7. Antidiabetic functional foods with antiglycation properties / M. I. Kazeem, H. A. Bankole, A. A. Fatai [et al.] // Bioactive molecules in food / J. M. Mérillon, K. G. Ramawat. – Cham : Springer, 2018. – P. 1–29. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8\\_16-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_16-1).
8. Charles, D. J. Sources of natural antioxidants and their activities / D. J. Charles // Antioxidant properties of spices, herbs and other sources / D. J. Charles. – New York : Springer, 2013. – P. 65–138. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0_4).
9. Региональный аспект возделывания гречихи на Алтае / В. М. Важов, В. Н. Козил, Р. Ф. Бахтин [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 8. – С. 40–45.
10. Lim, T. K. *Fagopyrum esculentum* / T. K. Lim // Edible medicinal and non-medicinal plants. Volume 5, Fruits / T. K. Lim. – Dordrecht : Springer, 2013. – P. 459–493. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-5653-3\\_25](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5653-3_25).
11. Physically modified common buckwheat starch and their physicochemical and structural properties / W. Li, F. Cao, J. Fan [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2014. – Vol. 40. – P. 237–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.03.012>.

12. Sindhu, R. Physicochemical, thermal and structural properties of heat moisture treated common buckwheat starches / R. Sindhu, A. Devi, B. S. Khatkar // Journal of Food Science and Technology. – 2019. – Vol. 56, № 5. – P. 2480–2489. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03725-6>.
13. Changes in physicochemical properties and in vitro digestibility of common buckwheat starch by heat-moisture treatment and annealing / H. Liu, X. Guo, W. Li [et al.] // Carbohydrate Polymers. – 2015. – Vol. 132. – P. 237–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.071>.
14. Malik, M. A. Effect on physicochemical and thermal properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch by acid hydrolysis combined with heat moisture treatment / M. A. Malik, D. C. Saxena // Journal of Food Processing and Preservation. – 2016. – Vol. 40, № 6. – P. 1352–1363. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12720>.
15. Зверев, С. В. Влияние влажности воздуха на сохраняемость гречневой крупы / С. В. Зверев, С. Л. Белецкий, Ю. О. Сумелиди // Хранение и переработка зерна. – 2014. – Т. 178, № 1. – С. 31–34.
16. Егоров, Г. А. Управление техническими свойствами зерна / Г. А. Егоров. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2005. – 348 с.
17. Филин, В. М. Шелушение зерна крупяных культур. Совершенствование технологического оборудования / В. М. Филин, Д. В. Филин. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 135 с.
18. Хосни, Р. К. Зерно и зернопродукты / Р. К. Хосни. – СПб : Профессия, 2006. – 330 с.
19. Чеботарёв, О. Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О. Н. Чеботарев, А. Ю. Шаззо, Я. Ф. Мартыненко. – М. – Ростов-на-Дону : МарТ, 2004. – 688 с.
20. Демский, А. Б. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов / А. Б. Демский, В. Ф. Веденеев. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 760 с.
21. Карев, С. В. Анализ способов гидротермической обработки зерна гречихи / С. В. Карев, Л. М. Камозин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2013. – № 10. – С. 20–22.
22. Influences of high hydrostatic pressure, microwave heating, and boiling on chemical compositions, antinutritional factors, fatty acids, in vitro protein digestibility, and microstructure of buckwheat / Y. Deng, O. Padilla-Zakour, Y. Zhao [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2015. – Vol. 8, № 11. – P. 2235–2245. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1578-9>.
23. Марьин, В. А. Повышение эффективности фракционирования зерна гречихи / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин // Хлебопродукты. – 2011. – № 6. – С. 54–55.
24. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Часть 1. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1990. – С. 81.
25. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Часть 2. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1990. – С. 97.
26. Пат. 2388539С1 Российская Федерация, В02В1/08. Способ гидротермической обработки зерна гречихи и пропариватель для гидротермической обработки зерна гречихи / Марьин В. А., Федотов Е. А., Верещагин А. Л.; заявитель и патентообладатель Марьин В. А., Федотов Е. А., Верещагин А. Л. – № 2008136279/13, заявл. 08.09.2008; опубл. 10.05.2010; Бюл. № 13. – 10с.
27. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nppsts.ru/2011-08-26-17-42-42/15-materialy/64-elury>. – Дата обращения: 27.04.2019.


## References

1. Fesenko AN, Fesenko NN, Romanov IO. Morfogeneticheskiy metod selektsii grechikhi (*Fagopyrum esculentum Moench*) [Morphogenetic method of buckwheat selection (*Fagopyrum esculentum Moench*)]. St. Petersburg: VIR; 2017. 164 p. (In Russ.).
2. Skrabanja V, Kreft I, Golob T, Modic M, Ikeda S, Ikeda K, et al. Nutrient content in buckwheat milling fractions. Cereal Chemistry. 2004;81(2):172–176. DOI: <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.2.172>.
3. Alencar NMM, de Carvalho Oliveira L. Advances in *Pseudocereals*: crop cultivation, food application, and consumer perception. In: Mérillon J-M, Ramawat KG, editors. Bioactive molecules in food. Cham: Springer; 2019. pp. 1695–1713. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6\\_63](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78030-6_63).
4. Aluko RE. Miscellaneous foods and food components. In: Aluko RE, editor. Functional foods and nutraceuticals. New York: Springer; 2012. pp. 127–146. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3480-1\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3480-1_9).
5. de Frutos MF, Fotschki B, Musoles RF, Llopis JML. Gluten-free cereals and pseudocereals: nutrition and health. In: Mérillon JM, Ramawat KG, editors. Bioactive molecules in food. Cham: Springer; 2018. pp. 1–18. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8\\_60-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_60-1).
6. Mert ID, Sumnu G, Sahin S. Microstructure of gluten-free baked products. In: Sozer N, editor. Imaging technologies and data processing for food engineers. Cham: Springer; 2016. pp. 197–242. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-24735-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24735-9_7).
7. Kazeem MI, Bankole HA, Fatai AA, Adenowo AF, Davies TC. Antidiabetic functional foods with antiglycation properties. In: Mérillon JM, Ramawat KG, editors. Bioactive molecules in food. Cham: Springer; 2018. pp. 1–29. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8\\_16-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-54528-8_16-1).

8. Charles DJ. Sources of natural antioxidants and their activities. In: Charles DJ, editor. Antioxidant properties of spices, herbs and other sources. New York: Springer; 2013. pp. 65–138. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4310-0_4).
9. Vazhov VM, Kozil VN, Bakhtin RF, Yaskov MI. Regional aspect of cultivating buckwheat in Altai. *Advances in Current Natural Sciences*. 2018;(8):40–45. (In Russ.).
10. Lim TK. *Fagopyrum esculentum*. In: Lim TK, editor. Edible medicinal and non-medicinal plants. Volume 5, Fruits. Dordrecht: Springer; 2013. pp. 459–493. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-5653-3\\_25](https://doi.org/10.1007/978-94-007-5653-3_25).
11. Li W, Cao F, Fan J, Ouyang S, Luo Q, Zheng J, et al. Physically modified common buckwheat starch and their physicochemical and structural properties. *Food Hydrocolloids*. 2014;40:237–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.03.012>.
12. Sindhu R, Devi A, Khatkar BS. Physicochemical, thermal and structural properties of heat moisture treated common buckwheat starches. *Journal of Food Science and Technology*. 2019;56(5):2480–2489. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03725-6>.
13. Liu H, Guo X, Li W, Wang X, Lv M, Peng Q, et al. Changes in physicochemical properties and in vitro digestibility of common buckwheat starch by heat-moisture treatment and annealing. *Carbohydrate Polymers*. 2015;132:237–244. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.071>.
14. Malik MA, Saxena DC. Effect on physicochemical and thermal properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch by acid hydrolysis combined with heat moisture treatment. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2016;40(6):1352–1363. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12720>.
15. Zverev SV, Beletskiy SL, Sumelidi YuO. Vliyanie vlazhnosti vozdukh na sokhranyaemost' grechnevoy krupy [Effect of air humidity on buckwheat storage]. *Grain storage and processing*. 2014;178(1):31–34. (In Russ.).
16. Egorov GA. Upravlenie tekhnicheskimi svoystvami zerna [Managing the technical properties of grain]. Voronezh: Voronezh State University; 2005. 384 p. (In Russ.).
17. Filin VM, Filin DV. Shelushenie zerna krupyanykh kul'tur. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo oborudovaniya [Decorticating grain. Improvement of technological equipment]. Moscow: DeLi print; 2002. 135 p. (In Russ.).
18. Khosni RK. Zerno i zernoprodukty [Grain and grain products]. St. Petersburg: Professiya; 2006. 330 p. (In Russ.).
19. Chebotaryov ON, Shazzo AYu, Martynenko YaF. Tekhnologiya muki, krupy i kombikormov [Technology of flour, cereals, and animal feed]. Moscow – Rostov-on-Don: MarT; 2004. 688 p. (In Russ.).
20. Demskiy AB, Vedenev VF. Oborudovanie dlya proizvodstva muki, krupy i kombikormov [Equipment for the production of flour, cereals, and animal feed]. Moscow: DeLi print; 2005. 760 p. (In Russ.).
21. Karev SV, Kamozin LM. Analysis of the methods hydrothermal processing of buckwheat. Storage and processing of farm products. 2013;(10):20–22. (In Russ.).
22. Deng Y, Padilla-Zakour O, Zhao Y, Tao S. Influences of high hydrostatic pressure, microwave heating, and boiling on chemical compositions, antinutritional factors, fatty acids, in vitro protein digestibility, and microstructure of buckwheat. *Food and Bioprocess Technology*. 2015;8(11):2235–2245. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1578-9>.
23. Mar'in VA, Vereshchagin AL. Povyshenie ehffektivnosti fraktsionirovaniya zerna grechikhi [Increasing the efficiency of buckwheat grain fractionation]. *Bread products*. 2011;(6):54–55. (In Russ.).
24. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskogo protsessa na krupyanykh predpriyatiyakh. Chast' 1 [Procedures for the technological process at the cereal production enterprises. Part 1]. Moscow: Central Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research of Milled and Hulled Products; 1990. 81 p. (In Russ.).
25. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskogo protsessa na krupyanykh predpriyatiyakh. Chast' 2 [Procedures for the technological process at the cereal production enterprises. Part 2]. Moscow: Central Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research of Milled and Hulled Products; 1990. 97 p. (In Russ.).
26. Mar'in VA, Fedotov EA, Vereshchagin AL. Method of hydrothermal processing of buckwheat and steamer to this end. Russia patent RU 2388539C1. 2010.
27. [Internet]. [cited 2019 Apr 27]. Available from: <http://nppsts.ru/2011-08-26-17-42-42/15-materialy/64-elury>.


#### Сведения об авторах

##### Мар'ин Василий Александрович

канд. техн. наук, доцент кафедры общей химии и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (905) 980-22-78, e-mail: [tehbiysk@mail.ru](mailto:tehbiysk@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-1858-238X>

#### Information about the authors


##### Vasily A. Marin

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (905) 980-22-78, e-mail: [tehbiysk@mail.ru](mailto:tehbiysk@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-1858-238X>



**Верещагин Александр Леонидович**

д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (905) 083-43-97, e-mail: vail@bti.secna.ru


 <https://orcid.org/0000-0003-4510-720X>

**Иванов Андрей Александрович**

аспирант кафедры общей химии и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, тел.: +7 (913) 218-03-33, e-mail: vail@bti.secna.ru

**Alexander L. Vereshchagin**

Dr.Sci.(Chem.), Professor, Head of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (905) 083-43-97, e-mail: vail@bti.secna.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4510-720X>

**Andrey A. Ivanov**

Postgraduate of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk technological institute is a subsidiary of Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, phone: +7 (913) 218-03-33, e-mail: vail@bti.secna.ru

## Совершенствование технологического потока линии производства инстантированного киселя

К. Б. Плотников\*<sup>ORCID</sup>, А. М. Попов<sup>ORCID</sup>, И. Б. Плотников<sup>ORCID</sup>, Р. В. Крюк<sup>ORCID</sup>, С. Д. Руднев<sup>ORCID</sup>



Дата поступления в редакцию: 21.10.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

\*e-mail: [k.b.plotnikov.rf@gmail.com](mailto:k.b.plotnikov.rf@gmail.com)



© К. Б. Плотников, А. М. Попов, И. Б. Плотников, Р. В. Крюк, С. Д. Руднев, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Согласно прогнозу долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года Минэкономразвития РФ должен произойти переход экономики от экспортно-сырьевой к инновационному пути развития должен произойти переход экономики от экспортно-сырьевой к инновационному пути развития. Совершенствование производства продуктов связано с решением актуальных задач, таких как уменьшение себестоимости готовой продукции и увеличение его биологической ценности. Из-за занятости населения не всегда удается употреблять полностью сбалансированное питание. Поэтому разработка продуктов, которые содержат большое количество биологически важных для организма веществ, является важной задачей. Одним из таких продуктов являются инстант-напитки из растительного сырья.

**Объекты и методы исследования.** Уровень целостности технологической линии производства быстрорастворимых киселей напрямую связан с уровнем целостности каждой из подсистем. Основываясь на соответствии контролируемых параметров заданным значениям, можно произвести оценку уровня целостности всей системы. Наибольшее возмущение в стабильность всей системы вносит подсистема получения полуфабриката, что связано с нестабильностью процесса гранулирования. В результате снижается качество готового продукта.

**Результаты и их обсуждение.** После разработки нового аппаратного оформления машинно-аппаратурной схемы производства инстантированного гранулированного продукта питания (ИГПП) была произведена повторная оценка уровня целостности всей технологической системы. Проведенный анализ технологии производства ИГПП с использованием системного подхода позволил определить уровень ее организации и повысить его из-за введения новой подсистемы твердофазной механохимической активации картофельного крахмала и совершенствования процесса гранулирования.

**Выводы.** Стабильность подсистемы В возросла на 0,31, а системы на 0,56. Это напрямую связано с внедрением новых технологий гранулирования и изменением технологического потока производства инстантированных киселей.

**Ключевые слова.** Кисель, крахмал, гранулы, гранулирование, структурообразование, сегрегация, жимолость, система, окатывание

**Для цитирования:** Совершенствование технологического потока линии производства инстантированного киселя / К. Б. Плотников, А. М. Попов, И. Б. Плотников [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 96–105. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-96-105>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Improving the Line of Instant Starch Soft Drinks

K.B. Plotnikov\*<sup>ORCID</sup>, A.M. Popov<sup>ORCID</sup>, I.B. Plotnikov<sup>ORCID</sup>, R.V. Kryuk<sup>ORCID</sup>, S.D. Rudnev<sup>ORCID</sup>

Received: October 10, 2019  
Accepted: March 03, 2020

Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

\*e-mail: [k.b.plotnikov.rf@gmail.com](mailto:k.b.plotnikov.rf@gmail.com)



© K.B. Plotnikov, A.M. Popov, I.B. Plotnikov, R.V. Kryuk, S.D. Rudnev, 2020

### Abstract.

**Introduction.** By 2030, Russia will have abandoned the export-dependent economy and moved on to the innovation-based development, as it is stated in the Long-Term Plan for Social and Economic Development of the Russian Federation issued by the Ministry of Economic Development. Improving the production of products reduces the cost of finished products and increases their

biological value. Working population often fails to maintain a balanced diet. Therefore, it is necessary to develop products that contain a large number of biologically active substances, e.g. instant drinks of plant origin.

*Study objects and methods.* The level of integrity of the technological production line for instant starch drinks depends on the level of integrity of each of its subsystems. By comparing the monitored parameters with the given values, one can assess the integrity level of the entire system. The subsystem that is responsible for the semi-finished product causes the greatest perturbation in the stability of the entire system. According to the theory of the technological flow proposed by Dr. V.A. Panfilov, this is subsystem B. The problem is associated with the instability of the granulation process, i.e. unstable particle size distribution in the finished product. The instability may occur due to the principle of operation and design features of dish-shaped granulators. As a result, the quality of the finished product decreases.

*Results and discussion.* The team developed a new hardware design of a machine-hardware scheme for the production of instant granular food products (IGPP). They conducted a repeated assessment of the integrity level of the entire technological system. The analysis of the production technology of IHPP employed a systematic approach, which made it possible to determine the level of its organization and increase it. The positive changes took place after the introduction of a new subsystem of the solid-state mechanochemical activation of potato starch. The activation changed the physical and mechanical properties of native starches, thus intensifying the process of structure formation. In addition, the integrity of the entire subsystem could be increased by changing the principle of structure formation of granules. A new granulator and a new operating principle made it possible to perform granulation by pelletizing in controlled segregated flows.

*Conclusion.* The stability of subsystem B increased by 0.31, while the stability of the whole system increased by 0.56. The success was directly related to the new granulation technologies and a change in the technological flow of production of instant starch drinks.

**Keywords.** Kissel (starch drink), starch, granules, granulation, structure formation, segregation, honeysuckle, system, pelletizing

**For citation:** Plotnikov KB, Popov AM, Plotnikov IB, Kryuk RV, Rudnev SD. Improving the Line of Instant Starch Soft Drinks. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020;50(1):96–105. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-96-105>.

## Введение

В западной Сибири и Кузбассе существует огромное разнообразие ягодных культур, которые считаются «копилкой» витаминов, минералов и других биологически активных веществ. Ягодные культуры можно употреблять в виде готовых блюд, таких как национальные напитки. В настоящее время на рынке отсутствуют продукты, в том числе напитки, с использованием ягод жимолости (*Lonicera edulis*). Это является существенным упущением, т. к. именно в плодах жимолости содержится большое количество полезных микро- и макроэлементов. В плодах жимолости содержится 1 % кислот (при этом на аскорбиновую кислоту приходится порядка 50 мг%), 4,5 % сахаров, различные витамины (P, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>), провитамин А и другие необходимые для организма вещества. Регулярное потребление плодов жимолости существенно способствует понижению кровяного давления, а также положительно влияет на укрепление стенок сосудов. Употребление этих ягод может предотвратить отравление организма солями тяжелых металлов [1, 2].

Существующая на данном уровне развития конкуренция, сложившаяся на рынке пищевых продуктов, приводит к более широкому внедрению систем автоматизации и механизации процессов. Для большей конкурентоспособности необходимо комплексное решение задач, связанных с техническим прогрессом в технологии пищевой промышленности. Это заставляет сочетать совершенствование как машинно-аппаратурного оформления, так и коренного переустройства, интенсификацию технологических процессов на основе их детального изучения и поиск математического описания этих

процессов. Быстрое развитие науки и установление закономерностей процессов позволило применить качественно новый подход к решению поставленных задач. В результате появились новые методики, основанные на научных фактах, а также аппаратное оформление технологического процесса получения инстантированного гранулированного продукта питания (ИГПП) [3]. Одним из них является процесс придания сухой сыпучей смеси различных компонентов или влажной агломерированной дисперсной смеси одинаковую по размеру, плотности, пористости и прочности форму шарообразных гранул стабильного гранулометрического состава [3, 4].

Наибольшее распространение получили аппараты с внешним подводом энергии для обработки дисперсных систем, имеющих твердую фазу [5]. К данным процессам можно отнести: смешивание, разрыхление, транспортирование, диспергирование, уплотнение, т. е. процессы, в которых происходит активный массообмен, сопровождающийся изменением гранулометрического состава дисперсных систем и активным перераспределением массообменных фаз [6–9].

Наибольшую роль на процесс агломерирования полидисперсных систем различных материалов оказывают физико-химические факторы, благодаря которым происходит взаимодействие между фазами, сопровождающееся непрерывным разрушением и образованием трехмерных структур [10, 11].

На данный момент существует большое разнообразие способов и методов гранулирования, имеющих свои достоинства и недостатки [12, 13]. Метод гранулирования в псевдооживленном слое позволяет проводить сразу несколько процессов

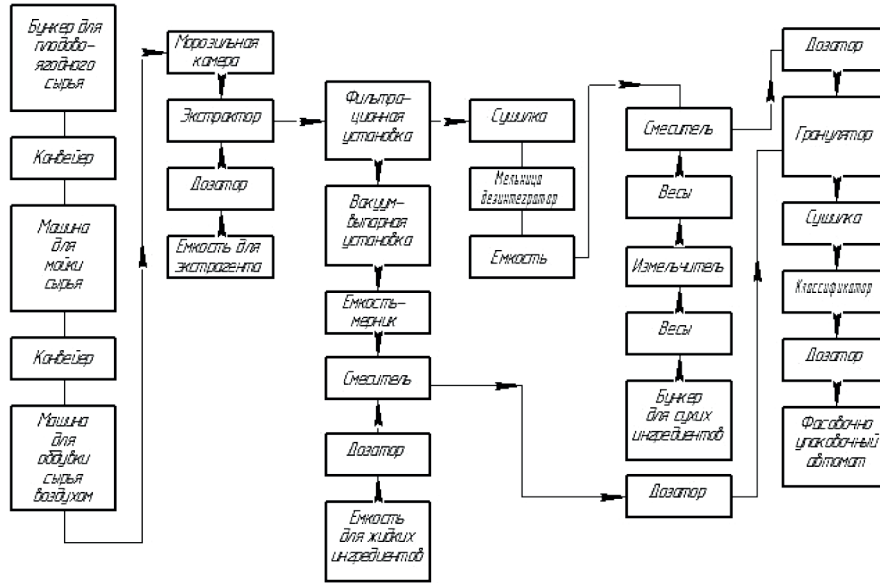


Рисунок 1. Структурная схема процессов производства инстант-продуктов из ягодного сырья на основе картофельного крахмала

Figure 1. Structural diagram of the production processes of instant starch berry drinks

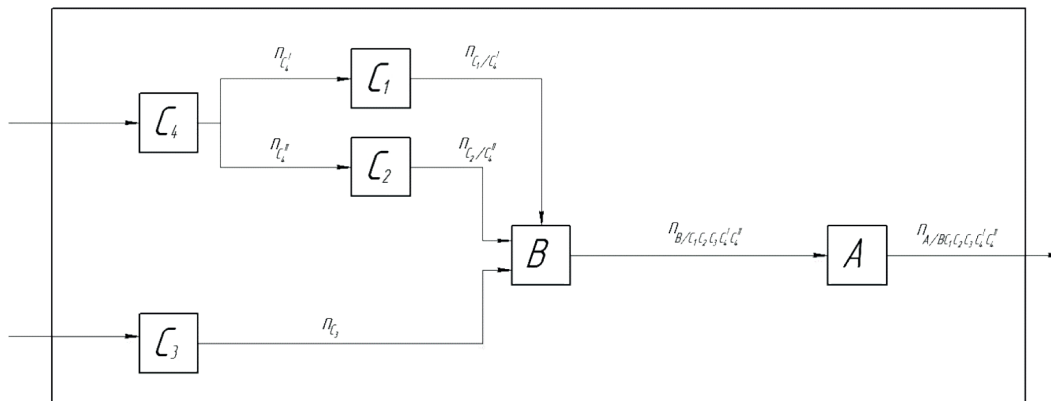


Рисунок 2. Расчетная схема производства инстант-продуктов из ягодного сырья на основе картофельного крахмала

Figure 2. Analytic model of the production processes of instant starch berry drinks

в одном аппарате, а именно гранулирование, классификацию и сушку, но наличие большого гидравлического сопротивления приводит к высоким удельным энергозатратам, а также к высокой себестоимости готовой продукции и неконкурентоспособности последней на рынке инстантированных продуктов. Данный способ нашел широкое применение в фармацевтической промышленности [14–17]. Метод прессования или экструзии позволяет получать гранулы стабильного гранулометрического состава, но он применим не ко всем пищевым продуктам. Во время процесса экструзии или прессования происходит дискретное повышение температуры в зоне выдавливания продукта

через матрицу, что приводит к потере полезных термолабильных элементов и к снижению полезных свойств готового продукта. Метод гранулирования порошков в дисперсных системах нашел широкое применение в пищевой промышленности. Однако у него есть недостаток в виде большого количества несформированных гранул, нестабильности гранулометрического состава, а также большого уноса мелкодисперсной фракции с газовой фазой [18, 19]. Гранулирование окатыванием позволяет получать гранулы стабильного гранулометрического состава и правильной сферической формы. Но машины обладают большими габаритными размерами, малой производительностью и большим количеством не сформированных гранул, что влечет за собой

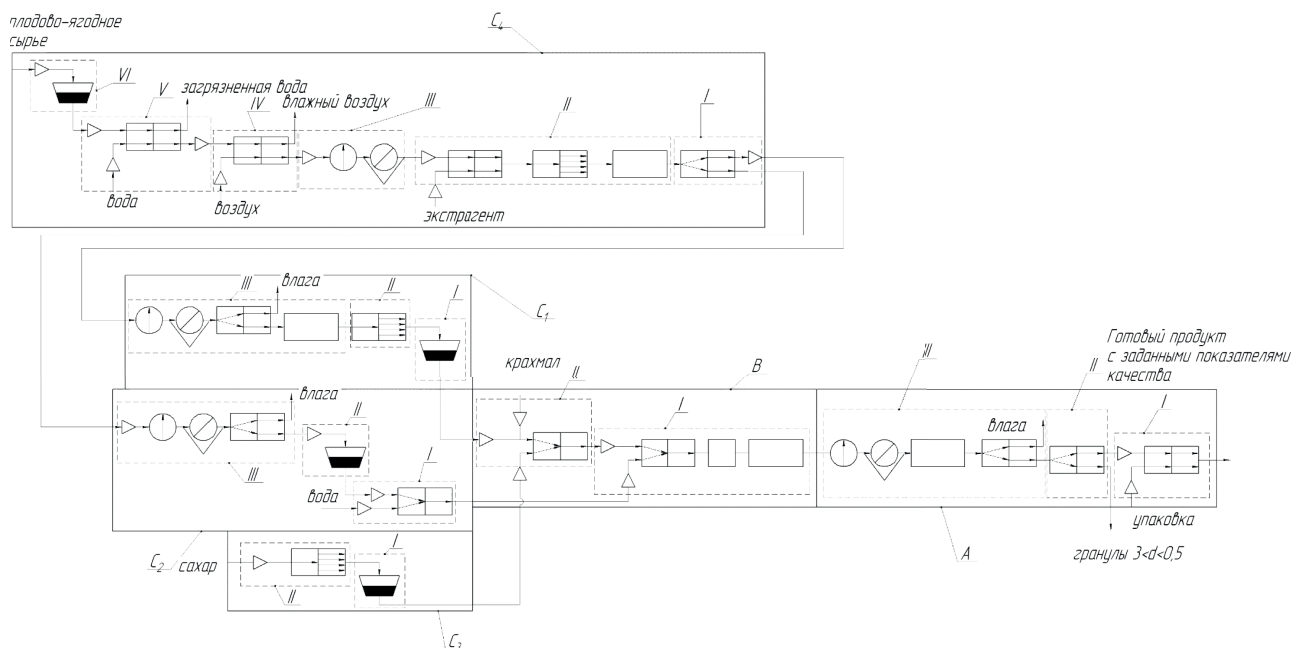


Рисунок 3. Операторная модель линии производства инстантированного киселя из ягодного сырья на основенативного картофельного крахмала

Figure 3. Operator model of the production line of instant berry drinks based on native potato starch

установку дополнительных единиц оборудования – классификаторов. В настоящее время в пищевой, фармацевтической, химической и смежных отраслях промышленности все чаще находят свое применение виброгрануляторы, т. к. их использование позволяет создать компактное и экономически обоснованное машинно-аппаратурное оформление процесса гранулирования.

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод, что разработка нового аппаратного оформления процесса гранулирования в вибрационном поле с применением механоактивации, а также его исследование представляется актуальной задачей.

Целью работы является совершенствование линии производства инстантированных напитков с точки зрения системного анализа и синтеза технологического потока, предлагаемого д.т.н. проф. В. А. Панфиловым.

#### Объекты и методы исследования

На рисунке 1 представлена структурная схема существующей линии (технологической системы) производства инстант-продукта на основе картофельного крахмала с добавлением плодово-ягодного сырья.

В результате анализа структурной схемы были составлены расчетная схема (рис. 2) и операторная модель (рис. 3) получения готового продукта.

Рассматриваемая расчетная схема производства инстант-напитков на основе ягодного сырья и нативного картофельного крахмала состоит из шести подсистем. Для получения подробной картины

проходящих процессов, благодаря которым из исходного сырья получается готовый продукт, необходимо построить операторную модель:

А – подсистема получения гранулированного киселя из ягод жимолости и картофельного крахмала, подвергшегося твердофазной механической активации, содержащая операторы:

- I – фасовка и упаковка гранул в тару;
- II – классификация гранул по размеру;
- III – сушка сформированных агломератов;

В – подсистема получения влажных гранул в БВГ, которые соответствуют заданным показателям, содержащая операторы:

- I – структурообразование гранул;
- II – смешивание сухих сыпучих рецептурных компонентов;

C<sub>1</sub> – подсистема получения сухого измельченного жома, содержащая операторы:

- I – измельчение высушенного жома;
- II – высушивание полученного жома;

C<sub>2</sub> – подсистема получения связующего раствора, содержащая операторы:

- I – смешивание полученных жидких компонентов связующего раствора;
- II – промежуточное хранение;
- III – концентрирование;

C<sub>3</sub> – подсистема подготовки сухой сыпучей смеси, содержащая операторы:

- I – измельчение;
- II – хранение;

C<sub>4</sub> – подсистема получения жома и экстракта из ягод жимолости сырья, содержащая операторы:

- I – фильтрация;
- II – экстракция;
- III – замораживание;
- IV – обдув;
- V – мойка исходного сырья;
- VI – хранение.

### Результаты и их обсуждение

Результаты анализа нормативных документов на производство ИГПП и расчетной схемы сведены в таблицу 1 с указанием контролируемых параметров, их нормативных значений и поле допуска процесса на каждой стадии производства согласно системному подходу.

Уровень целостности технологической линии производства быстрорастворимых киселей напрямую связан с уровнем целостности каждой из подсистем. Основываясь на соответствии контролируемых параметров заданным значениям, можно произвести оценку уровня целостности всей системы. Для определения уровня целостности производился отбор проб на каждой стадии производства (выходах каждой из подсистем) в течение одной смены, которая равна 8 часам. Все параметры технологического процесса, параметры исходного сырья и готовой продукции соответствовали установленным нормативным документам.

Уровень целостности всей системы за одну смену можно рассчитать, используя следующее выражение:

$$\theta_{C_4^I C_3^I C_2^I C_1^I BA} = \eta_{C_4^I} + \eta_{C_3^I} + \eta_{C_2^I} + \eta_{C_1^I} + \eta_{C_4^I/C_3^I} + \eta_{C_3^I/C_2^I} + \eta_{C_2^I/C_1^I} + \eta_{C_4^I/C_1^I} + \eta_{BA/C_4^I C_3^I C_2^I C_1^I} - 6 \quad (1)$$

Энтропия состояния *i*-ой подсистемы рассчитывалось по формуле:

$$H = -P \cdot \log_2 P - (1 - P) \cdot \log_2 (1 - P) \quad (2)$$

Подставляя значения из таблицы 2 в уравнение (1) получаем:

$$\theta_{C_4^I C_3^I C_2^I C_1^I BA} = 1 + 1 + 1 + 0,67 + 0,60 + 0,60 + 0,47 + 0,75 - 6 = -0,51 \quad (3)$$

Таблица 1. Контролируемые параметры и уровень целостности подсистем производства ИГПП из ягодного сырья на основе нативного картофельного крахмала

Table 1. Controlled parameters and integrity level of subsystems for the production of instant berry drinks based on native potato starch

Подсистема	Выход подсистемы	Контролируемый параметр	Нормативное значение, %	Поле допуска, %
A	готовая продукция	массовая доля влаги	5	± 2
B	влажный гранулят	количество гранул в диапазоне от 0,5 до 3 мм	98	± 2
C <sub>1</sub>	жом после хранения	массовая доля влаги	13	± 2
C <sub>2</sub>	концентрированный экстракт	сухие вещества	23	± 2
C <sub>3</sub>	сахарная пудра	количество пудры в диапазоне до 150 мкм	96	± 4
C <sub>4</sub> <sup>II</sup>	экстракт	сухие вещества	2	± 2
C <sub>4</sub> <sup>I</sup>	жом	влажность жома	60	± 2

В результате проведенных исследований отобранных проб продукта на каждой технологической стадии производства стало возможным установить стабильность подсистемы C<sub>4</sub>, которая была равна единице. В остальных подсистемах обработки исходного сырья (подсистемы C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>) наблюдается отклонение от заданных параметров. Наибольшее возмущение в стабильность всей системы вносит подсистема B, что связано с нестабильностью процесса гранулирования. В результате снижается качество готового продукта. Была установлена необходимость доработки подсистемы B, а именно гранулятора, благодаря проведенному анализу операторной модели и целостности системы производства ИГПП.

В результате проведенного анализа технологического потока линии производства ИГПП с точки зрения системного подхода была выявлена подсистема, которая вносит максимальное возмущение в работу всей системы. Этой подсистемой оказалась подсистема B образования полуфабриката в виде гранулята. Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод, что замена существующего тарельчатого гранулятора на гранулятор новой конструкции с новыми принципами структурообразования с управляемыми сегрегированными потоками может повысить уровень целостности всей системы и перевести ее из области суммативных в организованные. В качестве новой единицы оборудования была выбрана новая конструкция барабанного виброгранулятора (БВГ) [20].

С целью проверки полученных результатов была построена операторная модель к разработанной линии производства ИГПП с использованием ягод жимолости (условные обозначения и методика построения ОМ приняты согласно литературным данным, изложенным в трудах академика В. А. Панфилова).

Операторная модель технологической линии производства инстантированного киселя из ягод жимолости на основе картофельного крахмала, подвергнувшегося твердофазной механической активации, содержит следующие подсистемы:

Таблица 2. Результаты расчетов уровня целостности системы процессов производства ИГПП за одну смену (8 часов)

Table 2. Integrity of the system of processes for the production of instant starch drinks per shift (8 h)

Подсистема	Объем выборки	Число проб в пределах допуска, шт	Число проб за пределом допуска, шт	Pi	1-Pi	-Pi·log2Pi	-(1-Pi)·log2(1-Pi)	Hi, бит	ηi
A	50	48	1	0,96	0,04	0,056538	0,185754	0,242292	0,757708
B	50	44	3	0,88	0,12	0,162294	0,367067	0,529361	0,470639
C <sub>1</sub>	50	46	2	0,92	0,08	0,110671	0,291508	0,402179	0,597821
C <sub>2</sub>	50	47	2	0,94	0,06	0,083911	0,243534	0,327445	0,672555
C <sub>3</sub>	50	20	0	0	0	0	0	1	1
C <sub>4</sub> <sup>I</sup>	50	20	0	0	0	0	0	1	1
C <sub>4</sub> <sup>II</sup>	50	20	0	0	0	0	0	1	1

A – подсистема получения гранулированного киселя из ягод жимолости и картофельного крахмала, подвергнувшегося твердофазной механической активации, содержащая операторы:

- I – фасовка и упаковка гранул в тару;
- II – классификация гранул по размеру;
- III – сушка сформированных агломератов;

B – подсистема получения влажных гранул в БВГ, которые соответствуют заданным показателям, содержащая операторы:

- I – структурообразование гранул;
- II – смешивание сухих сыпучих рецептурных компонентов;

C<sub>1</sub> – подсистема получения сухого измельченного жома, содержащая операторы:

- I – измельчение высушенного жома;

II – высушивание полученного жома;

C<sub>2</sub> – подсистема получения связующего раствора, содержащая операторы:

- I – смешивание полученных жидких компонентов связующего раствора;
- II – промежуточное хранение;
- III – концентрирование;

C<sub>3</sub> – подсистема получения жома и экстракта из ягод жимолости сырья, которая содержит операторы:

- I – фильтрация;
- II – экстракция;
- III – замораживание;
- IV – обдув;
- V – мойка исходного сырья;

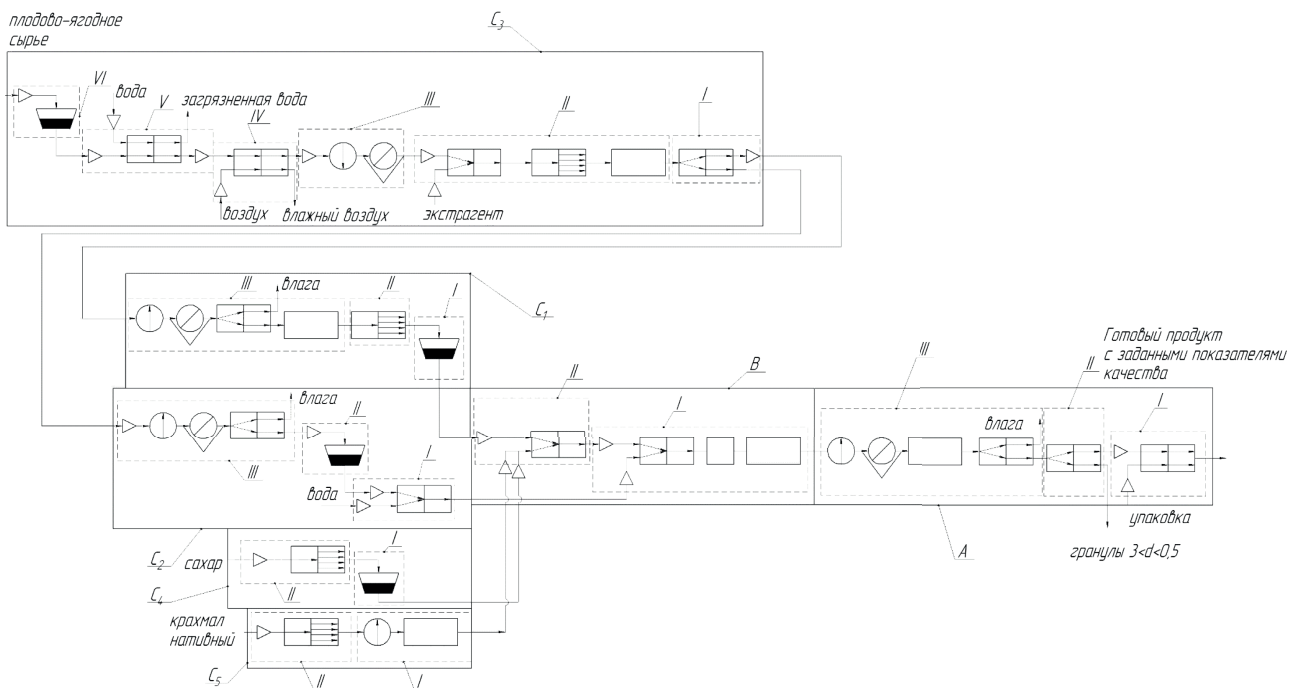


Рисунок 4. ОМ линии производства ИГПП из ягод жимолости на основе картофельного крахмала подвергнувшегося твердофазной механической активации

Figure 4. Production line operator model for instant honeysuckle drink based on potato starch subjected to solid-state mechanical activation

Таблица 3. Уровень целостности разработанной технологической системы производства ИГПП из ягод жимолости

Table 3. Integrity level of the new technological system for the production of instant honeysuckle starch drink

Подсистема	Выход подсистемы	Контролируемый параметр	Нормативное значение, %	Поле допуска, %	P <sub>i</sub> , вероятность попадания величины в интервал допуска	H <sub>i</sub> , энтропия состояния i-ой подсистемы, бит	η <sub>i</sub> , стабильность i-ой подсистемы
A	готовая продукция	массовая доля влаги	5	± 2	0,97	0	1
B	влажный гранулят	количество гранул в диапазоне от 0,5 до 3 мм	98	± 2	0,91	0,20	0,80
C <sub>1</sub>	жом после хранения	массовая доля влаги	13	± 1	0,93	0,39	0,61
C <sub>2</sub>	концентрированный экстракт	сухие вещества	23	± 2	0,91	0,32	0,68
C <sub>3</sub>	сахарная пудра	количество пудры в диапазоне до 150 мкм	96	± 4	0	0	1
C <sub>4</sub> <sup>II</sup>	экстракт	сухие вещества	2	± 2	0	0	1
C <sub>4</sub> <sup>I</sup>	жом	влажность жома	60	± 2	0	0	1
C <sub>5</sub>	крахмал измельченный	размеры в диапазоне 10–100 мкм	90	± 4	1	0	1

VI – хранение;

C<sub>4</sub> – подсистема подготовки сухой сыпучей смеси, которая содержит операторы:

I – измельчение,

II – хранение;

C<sub>5</sub> – подготовка картофельного крахмала, которая содержит операторы:

I – нагрев измельченного крахмала,

II – измельчение крахмала.

Оценка уровня организации (целостности) технологии производства инстант-продукта из ягод жимолости

После разработки нового аппаратного оформления машинно-аппаратурной схемы производства ИГПП из плодово-ягодного сырья была произведена повторная оценка уровня целостности всей технологической системы.

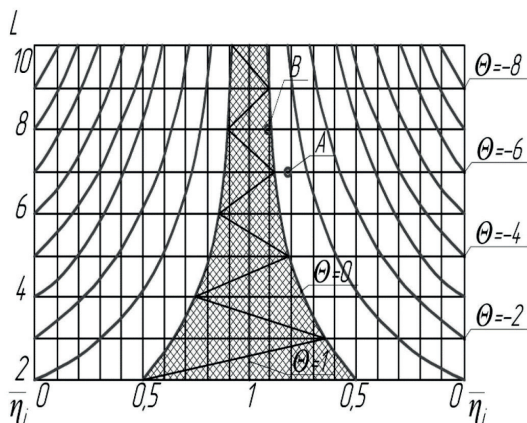


Рисунок 5. Диаграмма процесса развития технологической системы производства ИГПП на основе ягод жимолости и картофельного крахмала

Figure 5. Diagram of the development process of the technological system for the production of instant drinks based on honeysuckle berries and potato starch

Уровень целостности разработанной технологической системы производства ИГПП за смену разработанной линии, согласно машинно-аппаратурной схеме, представленной на рисунке 4:

$$\theta_{C_5 C_4^{II} C_4^I C_3 C_2 C_1 B A} = \eta_{C_5} + \eta_{C_4^{II}} + \eta_{C_4^I} + \eta_{C_3} + \frac{\eta_{C_1}}{C_4^{II}} + \frac{\eta_{C_2}}{C_4^I} + \eta \frac{B}{C_1 C_2 C_3 C_4^I C_4^{II} C_5} + \eta \frac{A}{B C_1 C_2 C_3 C_4^I C_4^{II} C_5} - 7 \quad (4)$$

Уровень целостности технологической линии производства инстантированных киселей из ягод жимолости и картофельного крахмала, подвергшегося твердофазной механической активации, рассчитывается по следующей формуле:

$$\theta_{C_5 C_4^{II} C_4^I C_3 C_2 C_1 B A} = 1 + 0,8 + 0,61 + 0,68 + 1 + 1 + 1 + 1 - 7 = 0,09 \quad (5)$$

Результаты проведенного исследования технологического потока представлены в таблице 3.

На рисунке 5 изображена диаграмма, описывающая процесс развития технологической системы, где η<sub>i</sub> (средняя стабильность подсистем) и L (количество выходов подсистем) показаны эквидистантными кривыми, которые представляют собой уровни целостности Θ системы. Заштрихованная область – область высокоорганизованных, целостных систем, остальное поле графика – область плохо организованных, суммативных систем. На диаграмме: точка А – зона уровней целостности существующей технологической системы; точка В – зона уровней целостности оптимизированной технологической системы.

### Выводы

Проведенный анализ технологии производства ИГПП с использованием системного подхода позволил определить уровень ее организации и повысить его из-за введения новой подсистемы твердофазной механохимической активации карто-



фельного крахмала и совершенствования процесса гранулирования. Стабильность подсистемы В возросла на 0,31, а системы на 0,56.

В результате проведенной работы и на основании анализа диаграммы (рис. 5) можно сделать вывод, что вновь образованная система технологических процессов покинула область суммативных систем и перешла в область установившихся и высокоорганизованных систем.

#### Критерии авторства

А. М. Попов – руководство работой в целом (20 %).  
К. Б. Плотников – планирование эксперимента (20 %).  
И. Б. Плотников – разработка методики проведения эксперимента и обработка результатов (20 %).  
Р. В. Крюк – проведения исследований (20 %).

С. Д. Руднев – консультативная работа (20 %).

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### Contribution

A.M. Popov supervised the research (20%).  
K.B. Plotnikov planned the experiment (20%).  
I.B. Plotnikov developed the experimental technique and processed the results (20%).  
R.V. Kryuk conducted the research (20%).  
S.D. Rudnev was the project advisor (20%).

#### Conflict of interest

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

#### Список литературы

1. Теоретические позиции современного спортивного питания и их практическая реализация / Н. Ю. Латков, Ю. А. Кошелев, А. А. Вековцев [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2017. – Т. 5, № 4. – С. 82–92.
2. Influence of spray nozzle aperture during high shear wet granulation on granule properties and its compression attributes / N. Veronica, H. P. Goh, C. Y. X. Kang [et al.] // International Journal of Pharmaceutics. – 2018. – Vol. 553, № 1–2. – P. 474–482. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.10.067>.
3. Wet-granulation process: phenomenological analysis and process parameters optimization / V. De Simone, D. Caccavo, G. Lamberti [et al.] // Powder Technology. – 2018. – Vol. 340. – P. 411–419. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.09.053>.
4. Popov, A. M. Determination of dependence between thermophysical properties and structural-and-phase characteristics of moist materials / A. M. Popov, K. B. Plotnikov, D. V. Donya // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 137–143. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-137-143>.
5. Получение гранулированного активного угля из отходов растительного сырья / Е. А. Фарберова, Е. А. Тиньгаева, А. Д. Чучалина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология. – 2018. – Т. 61, № 3. – С. 51–57. DOI: <https://doi.org/10.6060/tcct.20186103.5612>.
6. Оптимизация процесса гранулирования комбикормов для молодняка кроликов и оценка их эффективности / Е. С. Шенцова, Е. Е. Курчаева, А. В. Востроилов [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80, № 3 (77). – С. 176–184. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-176-184>.
7. Энергообследование процесса производства древесных гранул / В. К. Любов, А. Н. Попов, Е. И. Попова [и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2017. – Т. 77, № 2. – С. 31–39.
8. Крайнов, Ю. Е. Анализ рабочих камер, обеспечивающих термообработку и гранулирование отходов сельскохозяйственного сырья / Ю. Е. Крайнов, О. В. Михайлова, Н. К. Кириллов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – Т. 42, № 2. – С. 6–12. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-2-6-12>.
9. Пневмомеханические аппараты для микрогранулирования техногенных материалов / М. В. Севостьянов, Т. Н. Ильина, И. П. Бойчук [и др.] // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 452–460.
10. Осокин, А. В. Разработка математической модели движения гранулируемого материала в фильерах плоскоматричного гранулятора / А. В. Осокин // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018. – Т. 22, № 4 (135). – С. 43–61. DOI: <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2018-4-43-61>.
11. Ермолаев, Я. Ю. Исследование и разработка процессов производства быстрорастворимого гранулированного напитка на основе ячменной муки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Ермолаев Ярослав Юрьевич. – Кемерово, 2013. – 20 с.
12. Моделирование технологий производства многокомпонентных гранулированных продуктов / А. Л. Майтаков, А. М. Попов, Н. Т. Ветрова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80, № 4. – С. 63–68. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-63-68>.
13. Лебедев, А. Б. Использование спеченного сорбента для удаления сероводорода из отходящего промышленного газа при грануляции металлургических шлаков / А. Б. Лебедев, В. А. Утков, А. А. Халифа // Записки Горного института. – 2019. – Т. 237. – С. 292–297. DOI: <https://doi.org/10.31897/PMI.2019.3.292>.

14. The effects of sequential enzyme modifications on structural and physicochemical properties of sweet potato starch granules / L. Guo, H. Tao, B. Cui [et al.] // *Food Chemistry*. – 2019. – Vol. 277. – P. 504–514. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.014>.
15. HPMC granules by wet granulation process: effect of vitamin load on physicochemical, mechanical and release properties / V. De Simone, A. Dalmoro, G. Lamberti [et al.] // *Carbohydrate Polymers*. – 2018. – Vol. 181. – P. 939–947. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.056>.
16. Обоснование технологических параметров производства и потребительские свойства новой формы специализированного напитка / А. Л. Майтаков, А. Ф. Шляпин, Н. В. Тихонова [и др.] // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2017. – Т. 5, № 4. – С. 41–50.
17. Исследование процесса агломерации пылевидного галургического хлорида калия / М. В. Черепанова, Е. О. Кузина, В. З. Пойлов [и др.] // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2019. – Т. 330, № 4. – С. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.18799/24131830/2019/4/197>.
18. Специализированный продукт спортивного питания антиоксидантной направленности / Н. Ю. Латков, А. А. Вековцев, Д. Б. Никитюк [и др.] // *Человек. Спорт. Медицина*. – 2018. – Т. 18, № 5. – С. 125–134. DOI: <https://doi.org/10.14529/hsm18s18>.
19. Strategies to improve aerobic granular sludge stability and nitrogen removal based on feeding mode and substrate / Q. Yuan, H. Gong, H. Xi [et al.] // *Journal of Environmental Sciences*. – 2019. – Vol. 84. – P. 144–154. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.04.006>.
20. Пат. 2693772С2 Российская федерация, МПК В01J2/18. Барабанный виброгранулятор / Попов А. М., Плотникова И. О., Плотников К. Б. [и др.]; заявитель и патентообладатель КемГУ. – № 2017145262; заявл. 21.12.2017; опубл. 04.07.2019; Бюл. № 19.

## References

1. Latkov NYu, Koshelev YuA, Vekovtsev AA, Poznyakovskiy VM. Theoretical positions of modern sport nutrition and its practical implementation. *Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2017;5(4):89–92. (In Russ.).
2. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2018.10.067>.
3. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.09.053>.
4. Popov AM, Plotnikov KB, Donya DV. Determination of dependence between thermophysical properties and structural-and-phase characteristics of moist materials. *Foods and Raw Materials*. 2017;5(1):137–143. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-137-143>.
5. Farberova EA, Tingaeva EA, Chuchalina AD, Kobeleva AR, Maximov AS. Obtaining granulated active carbon from wastes of vegetable raw materials. *Russian Journal of Chemistry and Chemical Technology*. 2018;61(3):51–57. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.6060/tect.20186103.5612>.
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)(77):176–184. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-176-184>.
7. 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.).
8. 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.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-2-6-12>.
9. Sevostyanov MV, Ilyina TN, Boichuk IP, Pereygin DN, Koshchukov AV, Emelyanov DA. Pneumatic mechanical equipment for microgranulation of manmade materials. *Transactions of the TSTU*. 2017;23(3):452–460. (In Russ.).
10. 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)(135):43–61. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2018-4-43-61>.
11. Ermolaev YaYu. Issledovanie i razrabotka protsessov proizvodstva bystrorastvorimogo gra-nulirovannogo napitka na osnove yachmennoy muki [Research and development of production processes for instant granulated drink based on barley flour]. *Cand. eng. sci. diss.* Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2013. 20 p.
12. 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)(78):63–68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-4-63-68>.
13. Lebedev AB, Utkov VA, Khalifa AA. Sintered sorbent utilization for H<sub>2</sub>S removal from industrial flue gas in the process of smelter slag granulation. *Journal of Mining Institute*. 2019;237:292–297. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31897/PMI.2019.3.292>.

14. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.014>.
15. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.056>.
16. 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 South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2017;5(4):41–50 (In Russ.).
17. 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.). DOI: <https://doi.org/10.1879/9/24131830/2019/4/197>.
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.). DOI: <https://doi.org/10.14529/hsm18s18>.
19. 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.04.006>.
20. Popov AM, Plotnikova IO, Plotnikov KB, Donya DV, Konyaev AV. Drum vibration granulator. Russia patent RU 2693772C2. 2019.

#### Сведения об авторах

##### Плотников Константин Борисович

канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: k.b.plotnikov.rf@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4145-0027>

##### Попов Анатолий Михайлович

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: popov4116@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2663-6379>

##### Плотников Игорь Борисович

канд. техн. наук, доцент кафедры машин и аппаратов технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: plotnikov-ib@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0149-1724>

##### Крюк Роман Владимирович

заведующий лабораторией кафедры машин и аппаратов технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: roman.kryuk.94@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5884-8598>

##### Руднев Сергей Дмитриевич

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры машин и аппаратов технологических систем, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: sdrudnev@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2506-6121>

#### Information about the authors

##### Konstantin B. Plotnikov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Machines and Devices of Technological Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: k.b.plotnikov.rf@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-4145-0027>

##### Anatoly M. Popov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Machines and Devices of Technological Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: popov4116@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-2663-6379>

##### Igor B. Plotnikov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Machines and Devices of Technological Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: plotnikov-ib@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0149-1724>

##### Roman V. Kryuk

Head of the Laboratory of the Department of Machines and Devices of Technological Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: roman.kryuk.94@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5884-8598>

##### Sergey D. Rudnev

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Machines and Devices of Technological Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-40, e-mail: sdrudnev@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2506-6121>

## Исследование влияния обработки высоковольтными разрядами на выход масла из мезги подсолнечника

И. А. Шорсткий 



Дата поступления в редакцию: 29.11.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,  
350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

\*e-mail: [i-shorstky@mail.ru](mailto:i-shorstky@mail.ru)



© И. А. Шорсткий, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Разработка передовых электрофизических технологий переработки масличного сырья с целью повышения выхода масла и сопутствующих целевых компонентов с сохранением качественных характеристик является важнейшей задачей развития масложировой промышленности.

**Объекты и методы исследования.** В качестве объекта исследования был использован масличный материал – подсолнечник. Основной метод электрофизической обработки – высоковольтные электрические разряды микросекундной длительности при напряженности электрического поля 13,3 кВ/см и частотой 30 Гц. В качестве метода оценки эффективности воздействия электрических разрядов использовали метод определения количества разрушенных клеток через электропроводность материала. Для оценки эффекта обработки высоковольтными разрядами проводили прессование мезги на гидравлическом прессе с последующей экстракцией растворителем нефрас. Дополнительную оценку эффекта проводили с помощью анализа импеданса биомассы до и после обработки высоковольтными разрядами с определением индекса дезинтеграции. Для оценки качества получаемого масла определяли значения кислотного и перекисного числа. Более глубокую оценку качества масла осуществляли с помощью ИК-спектроскопии.

**Результаты и их обсуждение.** В результате обработки высоковольтными импульсами мезги подсолнечника было выявлено увеличение выхода прессового масла на 1,9 %. Значение остаточной масличности в шроте было снижено до 0,61 % по сравнению с 1,19 % для не обработанных образцов. Благодаря обработке удалось увеличить число разрушенных клеток на 23,8 %. Показатели качества масла продемонстрировали, что обработка высоковольтными разрядами незначительно влияет на значения кислотного числа. Резкий скачок изменения перекисного числа был вызван постановкой эксперимента в связи с длительным нагревом мезги.

**Выводы.** Полученные данные позволяют осуществить прогноз перспективы использования технологии обработки высоковольтными электрическими разрядами масличного материала и оценить эффективность его применения в промышленности.

**Ключевые слова.** Высоковольтный электрический разряд, масличный материал, отжим, экстракция, выход масла, качество масла.

**Финансирование.** Работа выполнена на базе ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» ФГБОУ ВО «КубГТУ». Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00448.

**Для цитирования:** Шорсткий, И. А. Исследование влияния обработки высоковольтными разрядами на выход масла из мезги подсолнечника / И. А. Шорсткий // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 106–114. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-106-114>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Effect of High Voltage Electrical Pulses on the Oil Yield of Sunflower Meal

I.A. Shorstkii 

Received: November 29, 2019  
Accepted: March 03, 2020

Kuban State Technological University,  
2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia

\*e-mail: [i-shorstky@mail.ru](mailto:i-shorstky@mail.ru)



© I.A. Shorstkii, 2020

## Abstract.

*Introduction.* One of the most important tasks of the modern oil and cake industry is to develop advanced technologies that could increase the yield of high quality oil and related target components from oilseeds.

*Study objects and methods.* The present research featured sunflower oilseeds. The main method of electrical treatment processing was high-voltage electrical pulses of microsecond duration: electric field strength = 13.3 kV/cm, frequency = 30 Hz. To assess the effects of electric pulses, we used disintegration index, i.e. a method of determining the number of destroyed cells according to the electrical conductivity of the material. To assess the effect of the treatment, the sunflower meal was pressed in a hydraulic press. The procedure was followed by extraction using hydrocarbon solvent. As an additional assessment, we analyzed the biomass impedance before and after treatment with high-voltage discharges with the determination of the disintegration index. To assess the quality of the resulting oil, we determined the acid and peroxide values. IR spectroscopy provided a more thorough assessment of the quality of the oil.

*Results and discussion.* After the sunflower meal was treated with high-voltage pulses, the yield of pressed oil increased by 1.9%. The residual oil content in the meal fell down to 0.61% compared with 1.19% in the control samples. Oil quality indicators showed that treatment with high-voltage pulses did not significantly affect the acid value. The sudden change in the peroxide number was probably caused by the prolonged heating during the experiment.

*Conclusion.* The obtained experimental data made it possible to forecast the prospects of using the high-voltage electric pulse for oilseed processing and assess the effectiveness of the technology together with its prospective industrial use. The alternative technology can replace the stage of crushing and pre-heating.

**Keywords.** High-voltage electrical discharge, oil-bearing material, extraction, extraction, oil yield, oil quality

**Funding.** Current was performed on the premises of Resource Sharing Center “Research Center for Food and Chemical Technologies” (Kuban State Technological University). The research was funded by Russian Foundation for Basic Research of the Russian Federation, grant No 18-38-00448.

**For citation:** Shorstkii IA. Effect of High Voltage Electrical Pulses on the Oil Yield of Sunflower Meal. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):106–114. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-106-114>.

## Введение

Разработка передовых технологии крупнотоннажной переработки масличного сырья с целью повышения выхода масла и сопутствующих целевых компонентов с сохранением качественных характеристик является важнейшей задачей развития масложировой промышленности [1].

В технологической цепочке извлечение масла проходит на стадиях прессования и экстрагирования. В промышленном масштабе на стадии прессования используют шнековые пресса. Однако бывают исключения в виде применения гидравлических прессов [2]. Выход масла на этой стадии может достигать 80 % от общего количества масла. Для извлечения остаточного масла в жмыхе применяют процесс экстрагирования с использованием углеводородных растворителей. Качество экстракционного масла гораздо ниже по своим показателям, поэтому основную ценность представляет собой прессовое пищевое масло. Для увеличения выхода масла на стадии прессования применяют процедуру вальцевания совместно с влаготепловой обработкой в жаровне. В результате такой подготовки порядка 50–60 % масличных клеток анатомически разрушаются. Это улучшает показатели выхода масла на стадии прессования [3]. Однако не все масличные клетки разрушаются, что говорит о необходимости поиска методов, способствующих их полному анатомическому разрушению.

Из исследования [4] было выявлено, что расположение клеток имеет палисадообразный характер. Клетки цилиндрической вытянутой

формы характеризуются отчетливо выраженными липидными сферосомами и белковыми глобулами, диффузно расположенными в объеме клеток и объединенные цитоплазменной матрицей. В подсолнечнике, который по своей физической характеристике является диэлектрическим материалом, разрушение остаточных масличных клеток возможно лишь с применением электрофизической обработки. Более полный обзор электрофизических приемов для масличных материалов приведен в работе [5].

Гипотеза о возможном влиянии электрических разрядов на целостность масличных клеток была рассмотрена в работе [4]. Авторами было установлено, что, после обработки импульсным электрическим полем  $E = 8$  кВ/см и количеством импульсов  $n = 300$ , на поверхности материала выделялась масличная пленка, что повлияло на реологические характеристики. В работах отечественных и зарубежных ученых было исследовано применение высоковольтных импульсов, СВЧ-нагрева и УЗ-обработки для увеличения выхода масла на стадии прессования из различных масличных материалов [2, 6–14]. В работе Н. Bakhshabadi и др. было установлено, что при обработке высоковольтными импульсами при напряженности электрического поля 3,25 кВ/см выхода масла увеличивается на 25 % [6]. Однако детального объяснения данному эффекту в работе не представлено. J. R. Sarkis с соавторами рассматривалась обработка высоковольтными разрядами в жидкости [15]. Было установлено, что такая обработка может увеличивать выход на 22,4 %.

Результаты применения электрогидроудара показывают высокую эффективность. Однако добавление жидкой фазы в виде воды не всегда возможно при работе с маслянистыми материалами в промышленном применении.

Целью данной работы является исследование применения высоковольтных электрических разрядов в качестве метода предварительной обработки мезги подсолнечника для улучшения выхода масла на стадии прессования и экстрагирования.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования стала мезга семян подсолнечника, взятая с действующего производства (г. Алексеевка, Россия) при влажности  $5 \pm 1,1$  %. Лузжистость мезги составляла  $15 \pm 2$  %. Начальная массовая доля жира составляла 49,78 %. Характерной особенностью мезги с данного предприятия было отсутствие стадии вальцевания в технологическом процессе. Мезга представляла собой неоднородную массу с размером частиц семян от 0,5 до 3 мм перемешанную с лузгой. Перед подачей материала на дальнейшую обработку он нагревался до температуры  $100$  °C с помощью лабораторной плитки в режиме постоянного перемешивания.

*Обработка высоковольтными разрядами.* Схема экспериментальной установки для проведения обработки маслянистого материала высоковольтными разрядами в воздушной среде представлена на рисунке 1. Для формирования высоковольтного разряда использовали систему электродов в конфигурации «точка-плоскость». Электроды были выполнены из стали. Верхний электрод диаметром

10 мм являлся высоковольтным, а нижний плоский электрод – с заземлением. Зазор между электродами составлял 15 мм. Обрабатываемая ячейка была выполнена из диэлектрика (дерево) диаметром 50 мм. Дно обрабатываемой ячейки было выполнено из диэлектрической сетки. Ячейка была установлена на подвижную платформу с шаговыми двигателями для осуществления обработки по всей поверхности материала. Траектория движения высоковольтного электрода по поверхности материала представлена на рисунке 1б. Данная траектория была выбрана для максимального покрытия поверхности материала. После обработки материал направлялся на стадию прессования.

Энергетическая часть высоковольтной системы была построена на базе усилителя Matsusada 20-B-20 (Matsusada Precision Inc, Japan) в комбинации с функциональным генератором Agilent 33220A (Agilent Technologies, USA). В данной установке использовали электрические положительные прямоугольные разряды длительностью 10 мкс с частотой следования импульсов 30 Гц. Амплитуда каждого импульса составляла 20 кВ. При такой конфигурации в зазоре между электродами возникала напряженность поля 13,3 кВ/см. Удельная энергия на единицу массы обрабатываемого материала составляла 121,6 Дж/кг при обработке в течение 2 мин. Контроль характера подаваемых на обработку разрядов осуществлялся с помощью осциллографа Tektronix TDS 220 через высоковольтный делитель (X1000, Tektronix).

*Прессование.* Процесс извлечения масла проводился на гидравлическом лабораторном прессе в течении 3 мин. При этом процесс сдвигания регулировался ручным способом по следующему алгоритму: первые 60 секунд при давлении 2 Мпа, вторые 60 секунд при давлении 3 Мпа и последние 60 секунд при давлении 4 Мпа. Параллельно с этим происходила запись количества вышедшего масла во времени с помощью электронных весов, подключенных к компьютеру. Запись измерений осуществляли до третьего знака после запятой. Выход масла определяли через выражение:

$$Y = (M_n / M_n) \cdot 100 \quad (1)$$

где  $M_n$  – количество извлеченного прессового масла, гр;

$M_n$  – исходное содержание масла в мезге, гр.

*Экстракция.* Экстрагирование жмыха подсолнечника осуществляли с помощью экстракционного аппарата SoxTherm. В качестве растворителя использовали производственный нефрас. Для экстрагирования в специализированный стакан засыпался жмых подсолнечника, в который добавляли растворитель при объемном соотношении 1:20. Длительность процесса экстрагирования для всех образцов составляла 3 часа, что являлось доста-

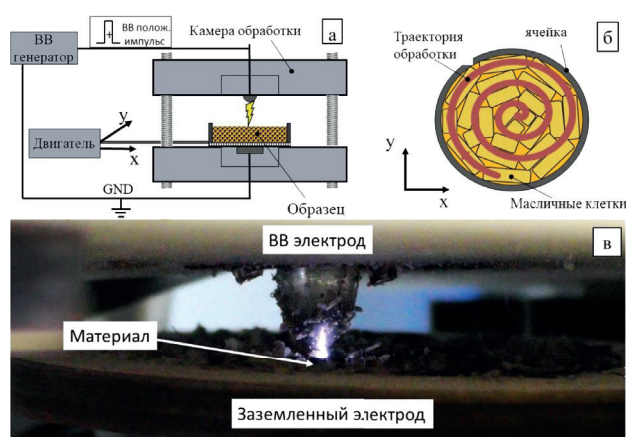


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для формирования высоковольтных разрядов (а); траектория движения высоковольтного электрода относительно обрабатываемой ячейки (б); визуализации процесса обработки высоковольтными разрядами (в)

Figure 1. Scheme of the test unit for high-voltage pulses (a); trajectory of the high-voltage electrode vs. cell under processing (b); visualization of the processing with high-voltage pulses (v)

точным для проведения избыточной экстракции с остаточной маслячностью жмыха менее 0,5 %.

#### Измерение импеданса и индекса дезинтеграции.

Импеданс образцов мезги подсолнечника измеряли на прецизионном LCR метре Quadtech 1920 (IET LABS, NY, USA) с использованием набора 4-пиновых коннекторов (1700–03 Kelvin Leads). Во избежание неплотного контакта электрода с материалом измеряемая ячейка была оборудована гидравлической системой. Для определения спектра импеданса брали навеску 5–6 гр и засыпали в ячейку диаметром 30 мм. Затем материал уплотняли с помощью гидравлической системы. Толщина материала составляла 5 мм. Прецизионный LCR-метр позволял снимать показатели импеданса в частотном диапазоне от 20 Гц до 1 МГц. Для определения индекса дезинтеграции  $Z$  использовали следующее выражение:

$$Z = (\sigma - \sigma_i) / (\sigma_d - \sigma_i) \quad (2)$$

где  $\sigma$  – электропроводность образца после обработки высоковольтными разрядами, См/м;

$\sigma_i$  – начальная электропроводность образца (значение близко к нулю), См/м;

$\sigma_d$  – электропроводность образца с максимальной степенью дезинтеграции, полученной путем предварительной заморозки образцов при температуре  $-11$  °С.

#### Показатели качества получаемого масла.

Качество полученного масла исследовали на анализ перекисного и кислотного чисел, а также цветового анализа по стандартным методикам, рекомендуемым ВНИИЖиров. Кислотное число определяли титрованием экстрагированного масла раствором КОН в присутствии фенолфталеина по методике ГОСТ 52110-2003. Перекисное число жира определяли титрованием экстрагированного масла раствором  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  по методике ГОСТ 51487-99. Для определения содержания металлов из-за эрозии электродов использовали оценку по ИК-спектру на спектрометре Matrix-F на базе ФГБОУ ВО «КубГУ». Анализ спектра проводили с помощью внутреннего приложения OPUS.

**Статистический анализ.** Все эксперименты проводились с трехкратной повторностью. Экспериментальные данные представлены как среднее арифметическое значение  $\pm$  стандартная ошибка среднего значения. Вывод статистической значимости был просчитан при  $P < 0,05$  с использованием программного обеспечения ANOVA и LSD тест.

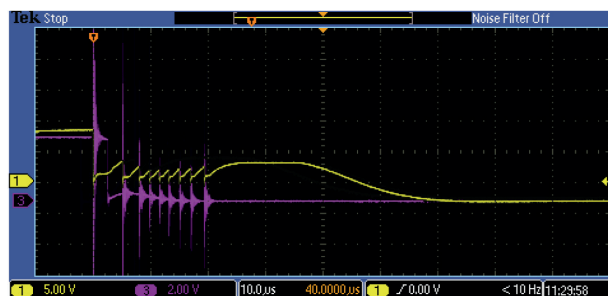


Рисунок 2. Осциллограмма входного сигнала, поступающего на усилитель (желтый) и выходного высоковольтного сигнала, поступающего на электроды (фиолетовый)

Figure 2. Oscillogram of the input signal supplied to the amplifier (yellow) and the output high-voltage signal supplied to the electrodes (purple)

### Результаты и их обсуждение

Характер подаваемого разряда в электродную зону представлен на рисунке 2. Осциллограмма высоковольтного разряда представлена в виде 2 сигналов (фиолетовый и желтый). Желтый сигнал характеризует входной сигнал, поступающий на усилитель, и имеет искажения на возрастающем фронте прямоугольного импульса. Фиолетовый сигнал характеризует выходной разряд на электродах. Отчетливо видны микропробой на спадающем фронте прямоугольного сигнала в виде повторяющихся экспоненциальных импульсов. Данные импульсы характеризуют наличие пробоя в воздухе, визуально наблюдаемый в ходе эксперимента.

По спецификации используемых образцов мезги подсолнечника содержание масла в них составляло  $49,78 \pm 0,5$  %. Обработка проводилась при следующих параметрах: напряженность поля составил 13,3 кВ/см, количество подаваемых импульсов – 3600, время обработки 2 мин. С применением предварительной обработки высоковольтными разрядами максимальное значение выхода масла составило 15,7 %. Показатель выхода масла без обработки составил 13,8 % после 3 минут отжима. В таблице 1 представлены данные выхода масла на различных этапах эксперимента. Стоит отметить, что улучшенный выход масла положительно повлиял на остаточную маслячность в шроте подсолнечника, снизив количество масла на 0,58 %.

Изменение выхода масла во времени представлено на рисунке 3. Характер представленных кривых имеет

Таблица 1. Значения выхода масла на различных этапах для обработанных и необработанных образцов

Table 1. Oil yield values at various stages for test and control samples

	Прессование		Экстрагирование	
	Без обработки	После обработки	Без обработки	После обработки
Выход масла из мезги, %	13,8 $\pm$ 0,2	15,7 $\pm$ 0,2	34,18 Влага (3,01)	33,47 Влага (1,55)
Остаточная маслячность шрота, %			1,19 $\pm$ 0,06	0,61 $\pm$ 0,05

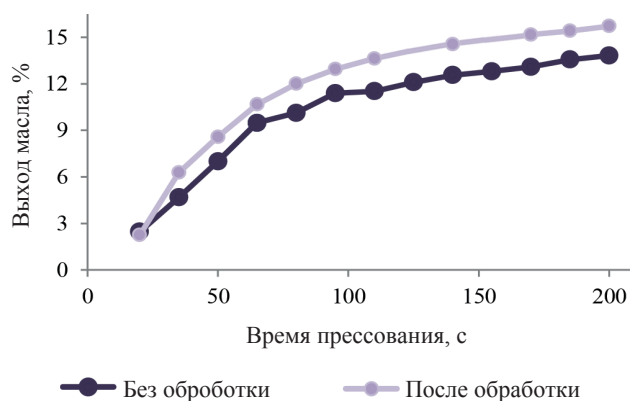


Рисунок 3. Зависимость выхода масла от времени при прессовании

Figure 3. Effect of pressing time on oil yield

схожий вид с кривой кинетики экстрагирования. И рисунка 3 видно, что за счет предварительной обработки высоковольтными электрическими разрядами материала мезги подсолнечника произошла дезинтеграции целостности масляных клеток, что вызвало улучшенный выход масла. Предыдущие данные, связанные с применением импульсного электрического поля к масляному материалу подсолнечника, показали возможность разрушения масляных клеток с помощью электрических полей [6]. Это также подтверждается проведенными микроструктурными исследованиями [4].

Масса, благодаря предварительному разрушению целостности мембран масляных клеток, представляла собой «губчатую структуру». Подобно пробой диэлектрика поток заряженных частиц проходит через структуру материала и формирует канал. За счет формирования многочисленных каналов улучшаются массообменные характеристики.

Изменение параметров импеданса биоматериала представлено на рисунке 4. Импеданс биоматериала величина комплексная и определяется в виде

действительной части (сопротивление,  $R$ ) и мнимой части (реактивное сопротивление,  $J_x$ ). В качестве эквивалентной схемы была выбрана последовательная схема соединения элементов цепи [16].

Как видно из рисунка 4, предварительная обработка высоковольтными разрядами мезги подсолнечника позволила снизить величину импеданса и увеличить величину электропроводности. Характер полученной кривой электропроводности схож с кривыми, полученными другими авторами для различных биоматериалов [17]. Кривая электропроводности имеет экспоненциальный вид и резко увеличивает свои значения при увеличении частоты. Данный эффект от обработки вызван наличием масляной пленки, образовавшейся при обработке высоковольтными разрядами. Известно, что электропроводность подсолнечного масла выше, чем скелета материала мезги. Однако из-за небольшого отличия полученных кривых данный вывод можно сделать лишь в сочетании с данными, полученными при отжиме масла, где также присутствует незначительный, но статистически подтверждаемый эффект.

Для определения индекса дезинтеграции вскрытых клеток существует несколько методов [15, 18]. Первый определяется через разность отношений величины электропроводности на низких и высоких частотах. Второй – через величину проходящего через материал тока. В нашей работе использован наиболее точный метод определения индекса вскрытых клеток, определяемый по уравнению (2). Величина электропроводности замерялась на частоте 100 Гц.

Подставляя значения  $\sigma_i = 1,43E-07$  См/м,  $\sigma_d = 5,37E-07$  См/м и  $\sigma = 2,37E-07$  См/м в уравнение (2), был установлен индекс дезинтеграции  $Z = 23,8$  %. Учитывая данные из литературного источника [3], который сообщает, что порядка 40 % масляных клеток остаются неразрушенными после влаго-

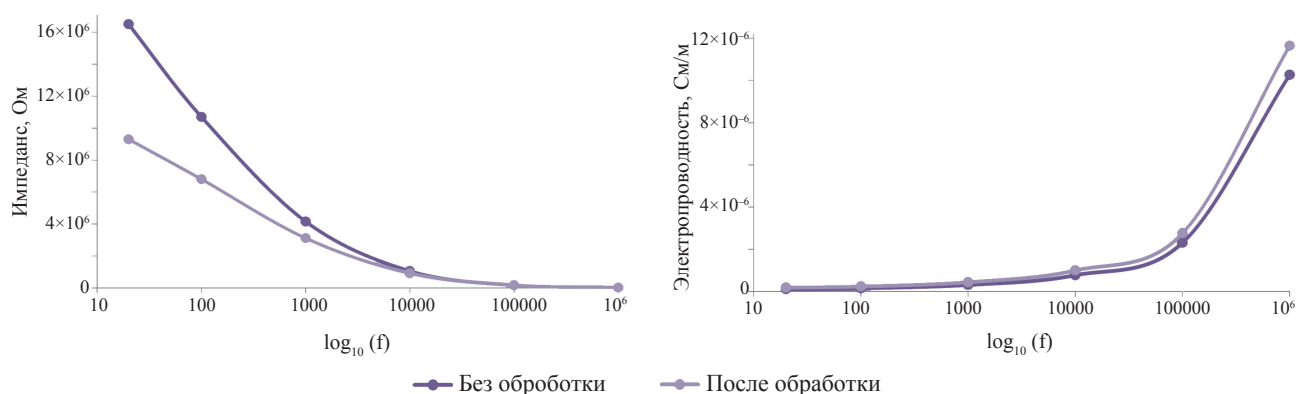


Рисунок 4. Зависимость импеданса (слева) и электропроводности (справа) от десятичного логарифма частоты

Figure 4. Effect of the decimal frequency logarithm on impedance (left) and electrical conductivity (right)



Таблица 2. Показатели качества масла для образцов без/после обработки высоковольтными разрядами

Table 2. Oil quality indicators for test and control samples

Образец	Перекисное число	Кислотное число
Без обработки	6,8 ммол акт O <sub>2</sub> /кг	1,45 мл КОН/гр
После обработки напряженностью 13,3 кВ/см и количеством импульсов 3600	13,7 ммол акт O <sub>2</sub> /кг	1,43 мл КОН/гр

тепловой обработки, увеличение количества вскрытых клеток является положительным фактором, влияющим на массоперенос. Увеличение индекса дезинтеграции на 23,8 % привело к незначительному увеличению выхода масла на 1,9 % на стадии прессования. Это можно объяснить лимитирующим фактором количества каналов для отвода масла при гидравлическом прессовании. Данный фактор может регулироваться с помощью лужистости материала.

Таким образом, производительность маслопресса в МП-68 55 тонн/сутки, на котором можно использовать предлагаемую технологию предварительной обработки высоковольтными импульсами, позволит получить дополнительный прирост масла в объеме более 300 литров в сутки. При наличии на производстве нескольких маслопрессов данная цифра будет прямо пропорционально их количеству. Учитывая величину затрачиваемой удельной энергии на кг материала 1,3 кДж/кг и величину ориентировочных капиталозатрат, данная технология наиболее применима для крупнотоннажного производства подсолнечного масла [19].

Результаты анализа определения перекисного и кислотного чисел для полученного после прессования масла представлены в таблице 2. Перекисное число характеризует степень окисленности жиров и масел и выражается в терминах количества грамм йода, поглощенного на грамм образца. Перекисное число для масла, полученного из образцов без обработки и после обработки высоковольтными разрядами мезги подсолнечника, составило 6,8 и 13,7 соответственно.

Столь высокое значение перекисного числа могло быть вызвано постановкой эксперимента. Для воссоздания промышленного процесса переработки мезги подсолнечника её длительно нагревали до температуры 100 °С сначала для обработки высоковольтными разрядами, а затем для отжима. В результате активное действие кислорода при длительном нагреве способствовало увеличению данного показателя в два раза.

Значение кислотного числа (количество миллиграммов гидроксида калия, которое необходимо для нейтрализации свободных кислот

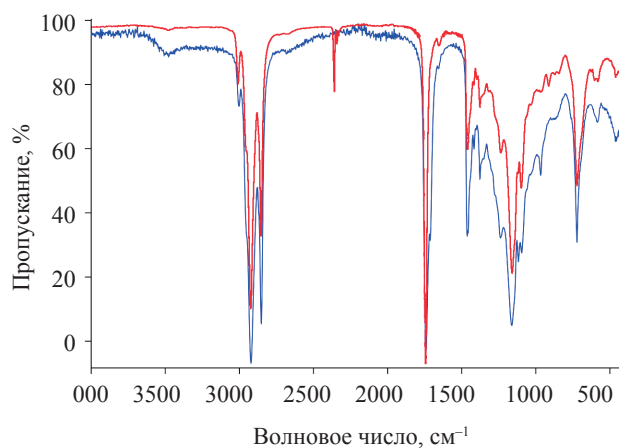


Рисунок 5. ИК-спектр масла без обработки (синяя линия) и после обработки (красная линия)

Figure 5. IR spectrum of oil in control sample (blue line) and test sample (red line)

Таблица 3. Расшифровка ИК спектра по амино-группе

Table 3. Interpretation of the IR spectrum by amino-group

Соли аминов			
$NH_4^+$	3300–3030 (3,03–3,30) 1430–1390 (7,00–7,20)	с. с.	$\nu_{N-H}$ , шир., $\delta_{N-H}$ , шир.
$RNH_4^+$	~ 3000 (3,33) ~ 2500 (4,00) ~ 2000 (5,00) 1600–1575 (6,25–6,35) 1500 (6,67)	$\delta_{N-H}$ , шир., с. $\delta_{N-H}$ , ср. $\delta_{N-H}$ , ср. $\delta_{N-H}$ $\delta_{N-H}$	Несколько полос
$R_2NH_4^+$	2700–2250 (3,70–4,33)	с.	$\nu_{N-H}$ , иногда проявляется в виде группы полос
$R_3NH_4^+$	2700–2250 (3,70–4,33)	с.	$\nu_{N-H}$ , иногда проявляется в виде группы полос
$R_4H^+$	–	–	Не имеет характеристических полос
$R_2C = NH^+$	2500–2300 (4,00–4,34) 2200–1800 (4,55–5,56)	ср	Широкая полоса, иногда проявляется в виде группы полос

Таблица 4. Расшифровка ИК спектра по фосфо-группе

Table 4. Interpretation of the IR spectrum by phospho-group

Фосфины $R_nPH_{3-n}$	2275–2440 (4,40–4,01) 1080–1090 (9,26–9,17) 910–940 (10,00–10,64) 1405–1440 (7,12–6,94)	$\nu_{PH}$ , ср. $\delta_{PH_2}$ , ср. $\delta_{PH_2}$ $\delta_{CH_2P}$	
Оксины фосфинов $R_3P^+ \rightarrow O^-$	1140–1300 (8,77–7,69) ~ 1150 (~ 8,70) ~ 1190 (~ 8,40)	с. с. с.	На частоту влияет электроотрицательность заместителей. Алифатические Ароматические
Фосфорные кислоты $R_n(HO)_{3-n}PO$	2550–2700 (3,92–3,70) 2100–2350 (4,76–4,26)	$\nu_{OH}$ , ср. $\nu_{OH}$ , ср.	Широкая полоса

в 1 гр образца) используется для проверки чистоты масла и характеризует степень гидролиза липидов. Кислотное число обработанной мезги подсолнечника практически не изменилось и составило 1,43 КОН/г.

Для более детального анализа качества масла после обработки использовали ИК-спектрометрию. Данные полученных спектров для образцов без и после обработки представлены на рисунке 5.

Спектр полученный для масла, прошедшего предварительную обработку, имел дополнительную полосу поглощения в области 2300–2500  $\text{см}^{-1}$ . В данной области возможны колебания нескольких групп  $RNH_3^+$ ,  $R_2C = NH^+$  и фосфины  $R_nPH_{3-n}$ . На основании этих данных можно предположить, что в результате обработки электрическими разрядами возможно образование нового вещества в состав которого входит амино- или фосфо- группа за счет перехода молекул в возбужденное состояние. В составе семян подсолнечника есть целый комплекс витаминов и микроэлементов, в том числе фосфора, которые отсутствуют в подсолнечном масле. Новый способ предварительной обработки позволяет извлечь такие азот-содержащие витамины, как  $B_6$  и  $B_9$ . В таблицах 3 и 4 представлена подробная расшифровка спектра на предмет амино- или фосфо- групп.

Таким образом, результаты проведенных исследований качества масла показали, что обработка высоковольтными разрядами на стадии подготовки материала к последующей переработке незначительно влияет на показатели качества получаемого масла. Выявленное ухудшение значение перекисного числа связано с постановкой эксперимента и требует более детального анализа.

### Выводы

В данной работе получены результаты влияния предварительной обработки высоковольтными разрядами на мезгу подсолнечника с оценкой выхода масла на различных стадиях переработки. По результатам экспериментальных исследований было установлено, что обработка высоковольтными разрядами напряженностью 13,3 кВ/см в количестве 3600 ед. влияют на целостность структуры

масличного материала, формируя в нем сквозные каналы. Установлено, что предварительная обработка позволила увеличить выход масла на стадии прессования на 1,9 %. Выявлено снижение остаточной масличности шрота с 1,19 до 0,61 % для образцов без и после предварительной обработки высоковольтными разрядами. Данный показатель является основным индикатором эффективности предлагаемой технологии и способствует дополнительному приросту масла. Результаты качественных характеристик масла показали, что обработка высоковольтными разрядами в незначительной степени влияет на качественные показатели. Увеличение перекисного числа масла после обработки с 6,8 до 13,7 ммол акт  $O_2$ /кг связано с постановкой эксперимента. Для этого в последующих работах будет предпринята попытка более детальной оценки качественных показателей после обработки высоковольтными электрическими разрядами.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что материалы статьи не были опубликованы ранее и не отправлены в другие журналы. В работе не проводились испытания над животными.

### Благодарности

Выражаем благодарность сотрудникам ЦКП «Исследовательский центр пищевых и химических технологий» за оказанную помощь при определении качественных характеристик масла.

### Conflict of interest

The authors declare that the manuscript has never been published or sent to other scientific journals for publication. The research did not involve animal testing.

### Acknowledgements

The authors would like to express their deepest gratitude to the team of Resource Sharing Center “Research Center for Food and Chemical Technologies” (Kuban State Technological University).

### Список литературы


1. Куренная, В. Роль масличного подкомплекса в обеспечении продовольственной безопасности страны / В. Куренная // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2015. – № 4. – С. 39–43.
2. Puértolas, E. An overview of the impact of electrotechnologies for the recovery of oil and high-value compounds from vegetable oil industry: Energy and economic cost implications / E. Puértolas, M. Koubaa, F. J. Barba // Food Research International. 2016. – Vol. 80. – P. 19–26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.12.009>.
3. Лисицын, А. Н. Научно-обоснованные тенденции переработки масличного сырья / А. Н. Лисицын, В. Н. Григорьева // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. – 2015. – № 1–2. – С. 5–16.
4. Shorstkii, I. A. Impact of pulsed electric field and pulsed microwave treatment on morphological and structural characteristics of sunflower seed / I. A. Shorstkii, A. G. Zherlicin, P. Li // OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids. – 2019. – Vol. 26. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2019048>.
5. Шорсткий, И. А. Использование электрофизических приёмов при переработке масличного сырья / И. А. Шорсткий // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2019. – Т. 370, № 4. – С. 11–16. DOI: <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.4.3>.
6. The influence of pulsed electric fields and microwave pretreatments on some selected physicochemical properties of oil extracted from black cumin seed / H. Bakhshabadi, H. Mirzaei, A. Ghodsvai [et al.] // Food Science and Nutrition. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 111–118. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.535>.
7. Haji-Moradkhani, A. Optimization of pulsed electric field-assisted oil extraction from cannabis seeds / A. Haji-Moradkhani, R. Rezaei, M. Moghimi // Journal of Food Process Engineering. – 2019. – Vol. 42, № 4. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13028>.
8. Мустафаев, С. К. Влияние СВЧ-нагрева свежесобранных семян подсолнечника перед их конвективной сушкой на выход и качество масла / С. К. Мустафаев, Е. О. Смычагин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 97. – С. 273–283.
9. Microwave pretreatment as a promising strategy for increment of nutraceutical content and extraction yield of oil from milk thistle seed / B. Fathi-Achachlouei, S. Azadmard-Damirchi, Y. Zahedi [et al.] // Industrial Crops and Products. – 2019. – Vol. 128. – P. 527–533. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.034>.
10. Patil, A. Effect of enzyme and microwave pretreatment on oil recovery from canola / A. Patil, A. K. Singh // Journal of Food Process Engineering. – 2017. – Vol. 40, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12340>.
11. Разработка способа получения растительного масла из семян сафлора методом прессования в поле ультразвука / С. Т. Антипов, С. В. Шахов, А. Н. Мартеха [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2015. – Т. 66, № 4. – С. 7–10.
12. Ultrasound induced green solvent extraction of oil from oleaginous seeds / A.-G. Sicaire, M. A. Vian, F. Fine [et al.] // Ultrasonics Sonochemistry. – 2016. – Vol. 31. – P. 319–329. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.011>.
13. Ultrasound-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from pomegranate seeds / A. M. Goula, A. Papatheodorou, S. Karasavva [et al.] // Waste and Biomass Valorization. – 2018. – Vol. 9, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9740-9>.
14. Chanioti, S. Optimization of ultrasound-assisted extraction of oil from olive pomace using response surface technology: Oil recovery, unsaponifiable matter, total phenol content and antioxidant activity / S. Chanioti, C. Tzia // LWT – Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 79. – P. 178–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.029>.
15. Effect of pulsed electric fields and high voltage electrical discharges on polyphenol and protein extraction from sesame cake / J. R. Sarkis, N. Boussetta, C. Blouet [et al.] // Innovative Food Science and Emerging Technologies. – 2015. – Vol. 29. – P. 170–177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.02.011>.
16. Nelson, S. O. Historical development of grain moisture measurement and other food quality sensing through electrical properties / S. O. Nelson, S. Trabelsi // IEEE Instrumentation and Measurement Magazine. – 2016. – Vol. 19, № 1. – P. 16–23. DOI: <https://doi.org/10.1109/MIM.2016.7384955>.
17. Gabriel, C. The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey / C. Gabriel, S. Gabriel, E. Corthout // Physics in Medicine and Biology. – 1996. – Vol. 41, № 11. – P. 2231–2249. DOI: <https://doi.org/10.1088/0031-9155/41/11/001>.
18. Angersbach, A. Electrophysiological model of intact and processed plant tissues: cell disintegration criteria / A. Angersbach, V. Heinz, D. Knorr // Biotechnology Progress. – 1999. – Vol. 15, № 4. – P. 753–762. DOI: <https://doi.org/10.1021/bp990079f>.
19. Puértolas, E. Pulsed electric field treatment for fruit and vegetable processing / E. Puértolas, G. Saldaña, J. Raso // Handbook of Electroporation / D. Miklavcic. – Springer, 2016. – С. 1–21. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26779-1\\_181-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26779-1_181-1).

### References


1. Kurenayaya V. Rol' maslichnogo podkompleksa v obespechenii prodovol'stvennoy bezopasnosti strany [The role of the oilseed subcomplex in ensuring the domestic food security]. International Agricultural Journal. 2015;(4):39–43. (In Russ.).
2. Puértolas E, Koubaa M, Barba FJ. An overview of the impact of electrotechnologies for the recovery of oil and high-value compounds from vegetable oil industry: Energy and economic cost implications. Food Research International. 2016;80:19–26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.12.009>.

3. Lisitsyn AN, Grigorjeva VN. Scientifically based tendencies of oil bearing raw material processing. Vestnik of the All-Russia Scientific Research Institute of Fats. 2015;(1–2):5–16. (In Russ.).
4. Shorstkii IA, Zherlicin AG, Li P. Impact of pulsed electric field and pulsed microwave treatment on morphological and structural characteristics of sunflower seed. OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids. 2019;26. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2019048>.
5. Shorstkii IA. Use of electrophysical methods when processing oil raw materials. News of institutes of higher education. Food Technology. 2019;370(4):11–16. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2019.4.3>.
6. Bakhshabadi H, Mirzaei H, Ghodsvali A, Jafari SM, Ziaifar AM. The influence of pulsed electric fields and microwave pretreatments on some selected physicochemical properties of oil extracted from black cumin seed. Food Science and Nutrition. 2018;6(1):111–118. DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.535>.
7. Haji-Moradkhani A, Rezaei R, Moghimi M. Optimization of pulsed electric field-assisted oil extraction from cannabis seeds. Journal of Food Process Engineering. 2019;42(4). DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13028>.
8. Mustafayev SK, Smychagin EO. The influence of microwave heating of freshly harvested sunflower seeds before convective drying on output and quality of oil. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2014;(97):273–283. (In Russ.).
9. Fathi-Achachlouei B, Azadmard-Damirchi S, Zahedi Y, Shaddel R. Microwave pretreatment as a promising strategy for increment of nutraceutical content and extraction yield of oil from milk thistle seed. Industrial Crops and Products. 2019;128:527–533. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.034>.
10. Patil A, Singh AK. Effect of enzyme and microwave pretreatment on oil recovery from canola. Journal of Food Process Engineering. 2017;40(1). DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12340>.
11. Antipov ST, Shakhov SV, Martekha AN, Berestovoy AA. Development a method for producing vegetable oil from safflower seeds by pressing in the field of ultrasound. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2015;66(4):7–10. (In Russ.).
12. Sicaire A-G, Vian MA, Fine F, Carré P, Tostain S, Chemat F. Ultrasound induced green solvent extraction of oil from oleaginous seeds. Ultrasonics Sonochemistry. 2016;31:319–329. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.011>.
13. Goula AM, Papatheodorou A, Karasavva S, Kaderides K. Ultrasound-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from pomegranate seeds. Waste and Biomass Valorization. 2018;9(1). DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9740-9>.
14. Chanioti S, Tzia C. Optimization of ultrasound-assisted extraction of oil from olive pomace using response surface technology: Oil recovery, unsaponifiable matter, total phenol content and antioxidant activity. LWT – Food Science and Technology. 2017;79:178–189. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.029>.
15. Sarkis JR, Boussetta N, Blouet C, Tessaro IC, Marczak LDF, Vorobiev E. Effect of pulsed electric fields and high voltage electrical discharges on polyphenol and protein extraction from sesame cake. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2015;29:170–177. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.02.011>.
16. Nelson SO, Trabelsi S. Historical development of grain moisture measurement and other food quality sensing through electrical properties. IEEE Instrumentation and Measurement Magazine. 2016;19(1):16–23. DOI: <https://doi.org/10.1109/MIM.2016.7384955>.
17. Gabriel C, Gabriel S, Corthout E. The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey. Physics in Medicine and Biology. 1996;41(11):2231–2249. DOI: <https://doi.org/10.1088/0031-9155/41/11/001>.
18. Angersbach A, Heinz V, Knorr D. Electrophysiological model of intact and processed plant tissues: cell disintegration criteria. Biotechnology Progress. 1999;15(4):753–762. DOI: <https://doi.org/10.1021/bp990079f>.
19. Puértolas E, Saldaña G, Raso J. Pulsed electric field treatment for fruit and vegetable processing. In: Miklavcic D, editor. Handbook of Electroporation. Springer; 2016. pp. 1–21. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26779-1\\_181-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26779-1_181-1).

#### Шорсткий Иван Александрович

канд. техн. наук, доцент кафедры технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: +7 (967) 652-58-81, e-mail: [i-shorstky@mail.ru](mailto:i-shorstky@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-5804-7950>

#### Ivan A. Shorstkii

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Equipment and Life-Support Systems Kuban State Technological University, 2, Moskovskaya Str., Krasnodar, 350072, Russia, phone: +7 (967) 652-58-81, e-mail: [i-shorstky@mail.ru](mailto:i-shorstky@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-5804-7950>

## Определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Сокслета при получении спиртовой настойки из ягод клюквы

Б. Н. Федоренко<sup>1</sup>, Д. М. Бородулин<sup>2</sup>, М. В. Просин<sup>2,\*</sup>,  
А. В. Шафрай<sup>2</sup>, Б. А. Лобасенко<sup>2</sup>, Я. С. Головачева<sup>2</sup>



<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»,  
125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Дата поступления в редакцию: 14.01.2020  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: [prosinmv@yandex.ru](mailto:prosinmv@yandex.ru)



© Б. Н. Федоренко, Д. М. Бородулин, М. В. Просин, А. В. Шафрай, Б. А. Лобасенко, Я. С. Головачева, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Растительное сырье является основным сырьем для получения настоек. Важнейшей производственной стадией получения настоек и ароматных спиртов является процесс экстрагирования. Целью данной работы является исследование процесса экстрагирования целевых веществ из плодово-ягодного сырья для производства алкогольных настоек.

**Объекты и методы исследования.** В качестве объекта исследования были использованы ягоды клюквы, широко распространенные на территории Сибири и обладающие множеством полезных свойств. Плоды клюквы богаты витаминами С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, РР и редким витамином К<sub>1</sub>. Исследования проводились при помощи экстрактора Сокслета. Обработка экспериментальных результатов проводилась при помощи метода множественного регрессионного анализа. При проведении исследований использовались общепринятые методики оценки качества образцов алкогольных напитков.

**Результаты и их обсуждение.** В результате обработки экспериментальных данных подобраны рекомендуемые технологические режимные параметры производства ароматной клюквенной алкогольной настойки. Наибольшее влияние на содержание сухих веществ в клюквенной настойке оказывают максимальные значения всех трех исследуемых параметров, входящих в процесс экстрагирования. При рекомендуемых условиях клюквенные настойки получаются с высоким содержанием целевых компонентов. Представленное математическое описание процесса экстрагирования в экстракторе Сокслета позволяет предварительно определить качественные показатели получаемого напитка в начале производства. Контрольные эксперименты, проведенные при данных режимах, подтвердили расчетные значения.

**Выводы.** За счет использования экстрактора Сокслета продолжительность приготовления алкогольной клюквенной настойки сократилась до 20 мин, что отличается от классического настойного метода производства. При использовании экстрактора Сокслета расходуется меньшее количество растворителя и сырья за счет почти максимальной полноты извлечения целевых компонентов плодово-ягодного сырья. Все это отразится на себестоимости конечного продукта, на затратах производителя и скажется на его экономической ситуации.

**Ключевые слова.** Экстрактор Сокслета, клюква, экстрагирование, настойки, спирт, регрессионный анализ, рациональные режимы

**Для цитирования:** Определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Сокслета при получении спиртовой настойки из ягод клюквы / Б. Н. Федоренко, Д. М. Бородулин, М. В. Просин [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 115–123. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-115-123>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Rational Technological Parameters of the Soxhlet Extractor in the Production of Alcoholic Extracts from Cranberries

B.N. Fedorenko<sup>1</sup>, D.M. Borodulin<sup>2</sup>, M.V. Prosin<sup>2,\*</sup>,  
A.V. Shafrai<sup>2</sup>, B.A. Lobasenko<sup>2</sup>, Ya.S. Golovacheva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Food Production,  
11, Volokolamskoye shosse, Moscow, 125080, Russia

Received: January 14, 2020  
Accepted: March 03, 2020

<sup>2</sup> Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

\*e-mail: prosinmv@yandex.ru



© B.N. Fedorenko, D.M. Borodulin, M.V. Prosin, A.V. Shafrai, B.A. Lobasenko, Ya.S. Golovacheva, 2020

## Abstract.

*Introduction.* Vegetable raw materials have always been and still remain the main raw material for obtaining extracts. The extraction process is the most important stage during the production of extracts and aromatic spirits. The research objective was to study the extraction process of the target substances from fruit and berry raw materials for the production of alcoholic extracts.

*Study objects and methods.* The study featured cranberries, which are widespread in Siberia and have many useful properties. Cranberries are rich in vitamins C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, PP and rarer vitamin K<sub>1</sub>. The studies were conducted using a Soxhlet extractor. The experimental results were processed using the method of multiple regression analysis. The research also exploited generally accepted methods for assessing the quality of samples of alcoholic beverages.

*Results and discussion.* The experiments made it possible to define the optimal technological regime parameters for the production of aromatic cranberry extract. The maximum values of all three processing parameters exerted the greatest effect on the dry matter content in cranberry extract. The recommended conditions resulted in a cranberry extract with a high content of target components. The presented mathematical description of the extraction process in the Soxhlet extractor makes it possible to preliminarily determine the quality indicators of the resulting beverage at the onset of production. Control experiments conducted under these conditions confirmed the calculated values.

*Conclusion.* By using a Soxhlet extractor, the preparation time for alcoholic cranberry extract was reduced to 20 minutes, which differs by one order of magnitude from the classical infusion production method. The Soxhlet extractor made it possible to use less solvent and raw materials, due to the almost maximum completeness of extraction of the target components of fruit and berry raw materials. This fact is bound to decrease the production expenses and the cost of the final product.

**Keywords.** Soxhlet extractor, cranberries, extraction, tinctures, alcohol, regression analysis, rational modes

**For citation:** Fedorenko BN, Borodulin DM, Prosin MV, Shafrai AV, Lobasenko BA, Golovacheva YaS. Rational Technological Parameters of the Soxhlet Extractor in the Production of Alcoholic Extracts from Cranberries. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):115–123. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-115-123>.

## Введение

Растительное сырье является основным сырьем для получения настоек. Современные производители отдают предпочтение ягодам и фруктам, но встречаются варианты изделий, изготовленные на косточках, душистых и лечебных травах, пряностях, а также прочих составляющих [1, 2].

В ликероводочном производстве для получения настоек используются свыше 100 видов растительного сырья [3, 4]. Химический состав растительного сырья весьма сложен и разнообразен. Своим составом отличаются не только разные виды растений, но в пределах одного вида различные сорта могут иметь неодинаковый химический состав. Содержание тех или иных веществ колеблется в широких диапазонах в зависимости от множества причин. В первую очередь это климат, метеорологические условия вегетационного периода и качество почвы.

В связи с ростом потребительских способностей населения России и повышением спроса на алкогольные напитки становятся актуальными вопросы импортозамещения. Для снижения себестоимости и расширения линейного ассортимента продукции необходимо использовать основное сырье, произрастающее на территории Сибири.

Основной производственной стадией получения настоек и ароматных спиртов является процесс

экстрагирования, применяемый практически во всех отраслях промышленности. Поэтому существует огромное количество конструкций экстракторов для системы твердое тело-жидкость периодического и непрерывного действия. Все они отличны между собой по эффективности, энергозатратам и применимости в том или ином производстве [5, 6].

Интенсификация и увеличение производительности технологического оборудования с одновременным повышением качества конечного продукта – главные цели, которые ставят перед собой разработчики при создании новых или модернизации существующих конструкций экстракторов. Поэтому исследование и разработка нового оборудования для эффективного проведения процессов экстракции является актуальной задачей, представляющей интерес для пищевой, химической и фармацевтической отраслей промышленности.

Целью данной работы является определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Соксклета на основе регрессионного анализа данных полученных при экстрагировании целевых компонентов из ягод клюквы.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

– определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Соксклета при получении клюквенной настойки;

- определение степени влияния исследуемых технологических параметров на выход сухих веществ в получаемой клюквенной настойке;
- получение уравнений регрессии, адекватно описывающих процесс экстрагирования (извлечения целевых компонентов из ягод клюквы).

### Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования были выбраны ягоды клюквы, широко распространенные на территории Сибири и обладающие множеством полезных свойств. Клюква часто используется для приготовления различных настоек из-за огромного количества лимонной и хининовой кислот, витаминов С, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, РР, редкого витамина К<sub>1</sub> в плодах ягод. В лечебных целях клюква используется как жаропонижающее, мочегонное и бактерицидное средство [7–9].

В качестве экстрагента использовался водно-спиртовой раствор на основе этилового спирта класса «Люкс», соответствующего требованиям ГОСТ 5962-2013. Содержание этилового спирта составляет 96,5 %. Вода, используемая в исследованиях, соответствует требованиям ГОСТ 6709-72.

Процесс экстрагирования осуществляли в экстракторе Сокслета, который предназначен для получения экстрактов из различного сырья и быстрой ароматизации крепких напитков [10]. Его основное преимущество заключается в том, что внутрь экстрактора подается чистый водно-спиртовой раствор, не насыщенный экстрагируемым веществом. Это способствует более эффективному обогащению целевыми компонентами и ароматами извлекаемого вещества.

Классический метод производства спиртовых настоек является длительным и трудоемким процессом [11]. Экстрактор Сокслета позволяет сократить время приготовления от нескольких недель или даже месяцев до нескольких часов. Принцип работы данного аппарата основан на многократной обработке сырья небольшим объемом водно-спиртового раствора, в результате которого целевые компоненты выделяются и образуют готовый экстракт [10, 11].

На рисунке 1 показана конструкция экстрактора Сокслета. Он состоит из испарительного (перегонного) куба (1) с установленным в нем слив сифоном (5), в котором имеется паропровод (3) и сифон (4). В сифоне установлена корзинка (6), в которую загружается экстрагируемое сырье. Корпус экстрактора (2) закрывают крышкой корзинки (7). Дефлегматор (8) закрепляется на корпусе экстрактора с помощью клапана соединения. Через штуцер входа охлаждения (9) поступает холодная вода для охлаждения исследуемой жидкости. Через штуцер выхода охлаждения (10) идет трубка вывода отработанной воды в слив.

Экстрактор работает следующим образом. При закипании водно-спиртового раствора в перегонном кубе (1) образуется пар, который поднимается

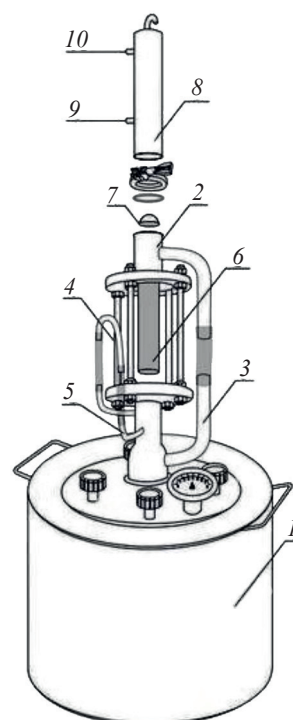


Рисунок 1. Экстрактор Сокслета: 1 – перегонный куб; 2 – корпус экстрактора; 3 – паропровод; 4 – сифон; 5 – слив сифона; 6 – корзинка; 7 – крышка корзинки; 8 – дефлегматор; 9 – штуцер входа охлаждения; 10 – штуцер выхода охлаждения

Figure 1. Soxhlet Extractor: 1 – distillation cube; 2 – casing; 3 – steam line; 4 – siphon; 5 – drain siphon; 6 – basket; 7 – basket cover; 8 – reflux condenser; 9 – cooling inlet fitting; 10 – cooling output fitting

по паропроводу (3) в дефлегматор (8). В нем происходит процесс охлаждения и конденсация пара. Получившаяся жидкость стекает в корзинку (6), в которую погружены ягоды клюквы (сырье). За время заполнения водно-спиртовым раствором корзинки (6) с ягодами происходит экстракция целевых компонентов. Затем насыщенный водно-спиртовой раствор стекает по сливу (5) в перегонный куб (1) и полый цикл повторяют снова. Таким образом, процесс экстрагирования происходит многократно до полного извлечения целевых компонентов из ягодного сырья [12].

Продолжительность осуществления процесса экстрагирования в экстракторе Сокслета прямым образом зависит от свойств и структуры сырья. В нашем случае во время предварительных экспериментов при извлечении целевых компонентов из ягод клюквы не целесообразно осуществлять процесс более 20 мин. Этот фактор определен из-за уникальности экспериментальной конструкции. Корзинка (6) выполнена из прозрачного стекла, для того чтобы визуальное наблюдение за процессом. В первые минуты экстрагирования в экстракторе Сокслета раствор начинает набирать характерный

цвет продукта и после 10 мин наблюдается максимальная цветность. При достижении 20 мин раствор вновь приобретает бледно розовый оттенок и затем становится прозрачным. Это свидетельствует о прекращении процесса экстрагирования.

Основным показателем, по которому оценивается эффективность исследуемого экстрактора Соксклета, является содержание сухих веществ. Сухие вещества в полученных образцах клюквенных настоек определялись при помощи анализатора влажности «AND MS-70», состоящего из двух частей: аналитических весов и сушильного блока. Принцип работы анализатора влажности «AND MS-70» состоит в анализе влаги, которая испаряется при нагревании образца. В процессе исследований производилась следующая последовательность действий [13, 14]:

- взвешивание образца клюквенной настойки в количестве 1 мл;
- высушивание данного образца в сушильном блоке под действием теплового излучения;
- взвешивание образца клюквенной настойки после сушки;
- определение концентрации сухих веществ в образце.

С целью определения рациональных режимов работы аппарата нами были проведены исследования по выявлению степени влияния крепости водно-спиртового раствора  $K$ , объема загрузки ягод в стаканчик  $V_{ст}$  и продолжительности экстрагирования  $\tau$  на содержание сухих веществ  $C$  в полученной клюквенной настойке. Для этого были определены все необходимые параметры проведения процесса экстрагирования по известной методике [15–17].

### Результаты и их обсуждение

Все исследования проводились на базе инжинирингового центра «Food engineering» Института инженерных технологий Кемеровского государственного университета. Во время предварительных экспериментов были определены диапазоны варьирования исследуемых параметров: крепость ( $K = 40 \pm 50 \%$ ), объем загрузки ягод в стаканчик ( $V_{ст} = 62 \pm 186 \text{ см}^3$ ), продолжительность экстрагирования ( $\tau = 10 \pm 20 \text{ мин}$ ).

Значения исследуемых технологических факторов по уровням представлены в таблице 1.

Матрица планирования в кодированном и натуральном виде, а также полученные результаты

Таблица 1. Значения технологических факторов по уровням

Table 1. Values of technological factors by levels

Метка	$V_{ст}, \text{ см}^3$	$\tau, \text{ мин}$	$K, \%$
Верхний уровень	186	20	50
Нижний уровень	62	10	40
Центр плана	124	15	45
Интервал	62	5	5

содержания сухих веществ в образцах клюквенной настойки представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что большее влияние на содержание сухих веществ в клюквенной настойке оказывают максимальные значения всех трех исследуемых параметров, входящих в процесс экстрагирования, т. е.  $V_{ст} = 186 \text{ см}^3$ ,  $\tau = 20 \text{ мин}$ ,  $K = 50 \%$ .

Обработка опытных данных для исследуемых настоек проведена в интегрированной системе комплексного статистического анализа «Statistica 8» при помощи модуля «Общие регрессионные модели». В ходе исследования было получено несколько регрессионных моделей содержания сухих веществ, наилучшая из которых рассчитана инструментом «Поверхностная регрессия смеси». Далее приведено ее описание.

Модель можно охарактеризовать как аналитическую эмпирическую динамическую стохастическую нелинейную математическую модель [18]. Ее общие статистические параметры сведены в таблицу 3. Значение коэффициента корреляции  $R$  составляет

Таблица 2. Матрица планирования и результаты

Table 2. Planning matrix and results

№	В кодированном виде			В натуральном виде			
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$V_{ст}, \text{ см}^3$	$\tau, \text{ мин}$	$K, \%$	$C, \%$
1	+	–	–	186	10	40	0,4
2	+	0	–	186	15	40	0,6
3	+	+	–	186	20	40	0,6
4	0	–	–	124	10	40	0,3
5	0	0	–	124	15	40	0,4
6	0	+	–	124	20	40	0,4
7	–	–	–	62	10	40	0,2
8	–	0	–	62	15	40	0,3
9	–	+	–	62	20	40	0,4
10	+	–	0	186	10	45	0,4
11	+	0	0	186	15	45	0,5
12	+	+	0	186	20	45	0,6
13	+	–	0	124	10	45	0,4
14	0	0	0	124	15	45	0,5
15	0	+	0	124	20	45	0,5
16	–	–	0	62	10	45	0,3
17	–	0	0	62	15	45	0,4
18	–	+	0	62	20	45	0,4
19	+	–	+	186	10	50	0,5
20	+	0	+	186	15	50	0,7
21	+	+	+	186	20	50	0,7
22	0	–	+	124	10	50	0,5
23	0	0	+	124	15	50	0,5
24	0	+	+	124	20	50	0,6
25	–	–	+	62	10	50	0,4
26	–	0	+	62	15	50	0,4
27	–	+	+	62	20	50	0,5



Таблица 3. Общие параметры регрессионной модели

Table 3. General parameters of the regression model

Параметр	Значение
R	0,99560
R <sup>2</sup>	0,99130
F	399,79000
p	0,00001

Таблица 4. Статистические показатели коэффициентов модели

Table 4. Statistical indicators of the coefficients in the model

	Значение	t-критерий	p-уровень	β
V <sub>ст</sub>	-0,000158	-0,086100	0,932100	-0,044700
τ	-0,013863	-0,899800	0,378300	-0,454100
K	0,004130	1,950900	0,064500	0,393200
V <sub>ст</sub> ·τ	0,000068	1,470500	0,156200	0,296400
V <sub>ст</sub> ·K	0,000015	0,366600	0,717500	0,185000
τ·K	0,000437	1,244500	0,226900	0,646200

0,9956. Это показывает сильную корреляционную связь, стремящуюся по своему значению к функциональной, между объемом загрузки стаканчика, продолжительностью экстрагирования, крепостью и содержанием сухих веществ. Коэффициент детерминации (R<sup>2</sup>) данной модели, равный 0,9913, также очень высок. Это говорит о том, что доля дисперсии количества сухих веществ объясняется исследуемой моделью на 99,13 %. F-критерий Фишера имеет высокое значение (F = 399,79), что показывает модель адекватной и пригодной для осуществления прогнозов. Если поставить произвольные значения (в пределах допустимых) независимых переменных в модель, то она спрогнозирует истинное значение зависимой величины. Об этом свидетельствует p-уровень, который близок к нулю. Его величина указывает на то, что модель с вероятностью 0,001% будет являться лишь случайным совпадением для данных экспериментальных значений.

В таблице 4 приведены коэффициенты регрессии модели [19]. Статистическая значимость (p-уровень) у коэффициентов находится в очень широком диапазоне: от 6,45 до 93,21 %. Это говорит о разной статистической силе коэффициентов и характеризует случайность особенности экспериментальных данных. Аналогичные результаты показывает t-критерий Стьюдента, принимая небольшие значения, значащие небольшую статистическую значимость коэффициентов. В соответствии с этим оценены коэффициенты β. Данный коэффициент оценивает меру чувствительности одной переменной к другой переменной. Это означает, что наиболее чувствительным для содержания сухих веществ будет влияние продолжительности экстрагирования и крепости, что подтверждает их совместное

Таблица 5. Сравнение моделируемых и экспериментальных значений содержания сухих веществ

Table 5. Comparison of modeled and experimental values of solids content

№	Экспериментальные	Моделируемые	Погрешность
1	0,400000	0,405356	-0,005356
2	0,600000	0,486182	0,113818
3	0,600000	0,567009	0,032991
4	0,300000	0,337304	-0,037304
5	0,400000	0,397187	0,002813
6	0,400000	0,457069	-0,057069
7	0,200000	0,269252	-0,069252
8	0,300000	0,308191	-0,008191
9	0,400000	0,347130	0,052870
10	0,400000	0,461330	-0,061330
11	0,500000	0,553070	-0,053070
12	0,600000	0,644810	-0,044810
13	0,400000	0,388780	0,011220
14	0,500000	0,459576	0,040424
15	0,500000	0,530373	-0,030373
16	0,300000	0,316229	-0,016229
17	0,400000	0,366082	0,033918
18	0,400000	0,415935	-0,015935
19	0,500000	0,517303	-0,017303
20	0,700000	0,619958	0,080042
21	0,700000	0,722612	-0,022612
22	0,500000	0,440255	0,059745
23	0,500000	0,521966	-0,021966
24	0,600000	0,603676	-0,003676
25	0,400000	0,363207	0,036793
26	0,400000	0,423973	-0,023973
27	0,500000	0,484740	0,015260

действие. Малое значение всех основных параметров, так же как и сама величина коэффициентов, объясняется большой разницей в размерностях всех величин, а особенно огромной разницей значений содержания сухих веществ (зависимая переменная) и размерностей всех независимых переменных.

Регрессионная модель представлена в виде уравнения, в котором в роли зависимой переменной приведено количество сухих веществ (C<sub>сух в-в</sub>), а в качестве независимых переменных выступают объем загрузки ягод в стаканчик (V<sub>ст</sub>), продолжительность экстрагирования (τ) и крепость (K). Данное уравнение имеет вид:

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 \quad (1)$$

Подставляя в выражение (1) значения коэффициентов из таблицы 4, получается следующий вид математической модели:

$$C_{сух в-в} = -0,000158V_{ст} - 0,013863\tau + 0,004130K + 0,000068V_{ст} \cdot \tau + 0,000015V_{ст} \cdot K + 0,000437\tau \cdot K \quad (2)$$

Использование математической модели (2) позволяет предсказать значения зависимой переменной от независимых, т. е. предсказать содержание сухих веществ от загрузки ягод в стакане, продолжительности экстрагирования и крепости. Сравнение предсказанных (моделируемых) и экспериментальных значений содержания сухих веществ представлено в таблице 5. Из таблицы видно, что остатки от сравнения достаточно малы. Следовательно, модель можно использовать для моделирования получения желательного количества сухих веществ.

Математическая модель (2), полученная в ходе исследования, может считаться адекватной и может быть использована для дальнейшего тестирования [20].

Анализируя полученное итоговое уравнение множественной регрессии (2), можно сделать следующий вывод. На производство алкогольных настоек из ягод клюквы наибольшее влияние оказывает продолжительность проведения процесса в экстракторе Сокслета.

Стоит помнить о том, что время оказывает положительное воздействие только до наступления состояния равновесия системы. Как только из сырья извлекается максимальное количество целевых компонентов, продолжать процесс становится не рациональным. За счет конструкции аппарата экстрагирование рационально проводить в течение 20 мин. Затем процесс стабилизировался и повышение концентрации сухих веществ не наблюдалось.

Следующий фактор, оказывающий наибольшее влияние на процесс экстрагирования, это крепость растворителя. И затем уже объем загрузки ягод в стаканчик аппарата.

Вышесказанное подтверждается при рассмотрении совместного воздействия факторов. Больше воздействие на конечное содержание сухих веществ оказывает продолжительность и крепость растворителя.

### Выводы

Проведенные эксперименты позволяют оценить эффективность производства клюквенных алкогольных настоек при помощи экстрактора Сокслета.

В результате обработки экспериментальных данных подобраны рекомендуемые технологические режимные параметры производства, а именно  $V_{\text{ст}} = 186 \text{ см}^3$ ,  $K = 50 \%$ ,  $\tau = 20 \text{ мин}$ . При данных

условиях клюквенные настойки получаются с высоким содержанием целевых веществ.

Представленное математическое описание процесса экстрагирования в экстракторе Сокслета с более чем 90 % достоверностью позволяет предварительно определить качественные показатели получаемого напитка в начале производства. Контрольные эксперименты, проведенные при данных режимах, подтвердили расчетные значения.

За счет использования экстрактора Сокслета продолжительность приготовления алкогольной клюквенной настойки сократилась до 20 мин, что на порядок отличается от классического настоечного метода производства. При использовании экстрактора Сокслета расходуется меньшее количество растворителя и сырья за счет максимальной полноты извлечения целевых компонентов плодово-ягодного сырья по отношению к классическому настоечному способу. Все это отразится на себестоимости конечного продукта, на затратах производителя и скажется на его экономической ситуации.

### Критерии авторства

Б. Н. Федоренко – руководитель проекта. Д. М. Бородулин – руководитель, исследовательская и описательная часть. М. В. Просин – исследовательская, экспериментальная и описательная часть. А. В. Шафрай – экспериментальная и техническая часть. Б. А. Лобасенко – консультант, описательная часть. Я. С. Головачева – экспериментальная часть.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

### Contribution

B.N. Fedorenko supervised the project. D.M. Borodulin was responsible for the research and description. M.V. Prosin participated in the research, experimental, and descriptive parts. A.V. Shafrai was responsible for experimental and technical aspects. B.A. Lobasenko provided advice and interpreted the results. Ya.S. Golovacheva took part in the experimental research.

### Conflict of interest

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

### Список литературы

1. Borodulin, D. M. Investigation of influence of oxygen on process of whiskey ripening in new design of extractor / D. M. Borodulin, A. N. Potapov, M. V. Prosin // Advances in Engineering Research. – 2018. – Vol. 151. – P. 578–583. DOI: <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.108>.
2. Выявление предпосылок комплексной переработки плодово-ягодного сырья Сибирского региона / Т. Ф. Киселева, И. С. Зайцева, Д. Б. Пеков [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – Т. 14, № 3. – С. 7–11.

3. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide / M. H. Carlsen, B. L. Halvorsen, K. Holte [et al.] // Nutrition Journal. – 2010. – Vol. 9, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-3>.
4. Пакен, П. Функциональные напитки и напитки специального назначения / П. Пакен. – СПб. : Профессия, 2010. – 508 с.
5. Разработка экстракторов для системы «твердое тело–жидкость» / А. Н. Потапов, М. В. Просин, А. М. Магилина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 30, № 3. – С. 80–84.
6. Домарецкий, В. А. Технология экстрактов, концентратов и напитков из растительного сырья / В. А. Домарецкий. – М. : ФОРУМ, 2007. – 444 с.
7. Research on the mineral composition of cultivated and wild blueberries and cranberries / A. Karlsons, A. Osvalde, G. Cekstere [et al.] // Agronomy research. – 2018. – Vol. 16, № 2. – P. 454–463. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.18.039>.
8. Исследование процесса экстрагирования дикорастущих ягод Сибири с использованием биокаталитических методов / Е. А. Овсянникова, Т. Ф. Киселева, А. Н. Потапов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 27, № 4. – С. 110–114.
9. Cranberries versus lingonberries: A challenging authentication of similar *Vaccinium* fruit / K. Hurkova, L. Uttl, J. Rubert [et al.] // Food Chemistry. – 2019. – Vol. 284. – P. 162–170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.014>.
10. Интенсификация процесса охмеления пивного сула с применением роторно-пульсационного аппарата / Д. М. Бородулин, В. Н. Иванец, Е. А. Сафонова [и др.] // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2017. – № 4. – С. 3–12. DOI: <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-4-3-12>.
11. Научные аспекты производства крепких спиртных напитков из плодового сырья / Л. А. Оганесянц, Б. Б. Рейтблат, В. А. Песчанская [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2012. – № 1. – С. 18–19.
12. Konga, A. K. Soxhlet extraction of *Spirogyra* sp. algae: an alternative fuel / A. K. Konga, A. S. Muchandi, G. P. Ponnaiah // Biofuels. – 2017. – Vol. 8, № 1. – P. 29–35. DOI: <https://doi.org/10.1080/17597269.2016.1196328>.
13. Мурашев, С. В. Определение содержания воды и сухих веществ в пищевых продуктах / С. В. Мурашев, А. Л. Ишевский, Н. А. Уварова. – СПб. : НИУ ИТМО, 2007. – 24 с.
14. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions / L. Dyshlyuk, O. Babich, D. Belova [et al.] // Journal of Food Process Engineering. – 2017. – Vol. 40, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12331>.
15. Rudoy, G. I. Analysis of the stability of nonlinear regression models to errors in measured data / G. I. Rudoy // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2016. – Vol. 26, № 23. – P. 608–616. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1054661816030172>.
16. Wu, J. Noise variance estimation method based on regression analysis and principal component analysis / J. Wu, F. You, P. Jiang // Dianzi Yu Xinxu Xuebao/Journal of Electronics and Information Technology. – 2018. – Vol. 40, № 5. – P. 1195–1201. DOI: <https://doi.org/10.11999/JEIT170624>.
17. Просин, М. В. Разработка и исследование роторно-пульсационного экстрактора для интенсификации процесса затириания при производстве пива: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Просин Максим Валерьевич. – Кемерово, 2014. – 150 с.
18. Бунтова, Е. В. Статистическая обработка результатов измерений / Е. В. Бунтова. – Самара : Книга, 2011. – 87 с.
19. Алексеев, Г. В. Использование математического моделирования для ресурсосберегающих пищевых производств / Г. В. Алексеев, О. И. Аксенова // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 1–10.
20. Evangelista, R. L. Oil extraction from lesquerella seeds by dry extrusion and expelling / R. L. Evangelista // Industrial Crops and Products. – 2009. – Vol. 29, № 1. – P. 189–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.024>.


## References

1. Borodulin DM, Potapov AN, Prosin MV. Investigation of influence of oxygen on process of whiskey ripening in new design of extractor. Advances in Engineering Research. 2018;151:578–583. DOI: <https://doi.org/10.2991/agrosmart-18.2018.108>.
2. Kiseleva TF, Zajtseva IS, Pekov DB, Babij NV. Revealing of preconditions of complex processing of fruit-berry raw material of Siberian region. Food Processing: Techniques and Technology. 2009;14(3):7–11. (In Russ.).
3. Carlsen MH, Halvorsen BL, Holte K, Bohn SK, Dragland S, Sampson L, et al. The total antioxidant content of more than 3100 foods, beverages, spices, herbs and supplements used worldwide. Nutrition Journal. 2010;9(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-9-3>.
4. Paken P. Functional and speciality beverage technology. St. Petersburg: Professiya; 2010. 508 p. (In Russ.).
5. Potapov AN, Prosin MV, Magilina AM, Ponamareva MV. Development of extractors for system of solid – liquid. Food Processing: Techniques and Technology. 2013;30(3):80–84. (In Russ.).
6. Domaretskiy VA. Tekhnologiya ehkstraktov, kontsentratov i napitkov iz rastitel'nogo syr'ya [Technology of extracts, concentrates, and drinks from plant materials]. Moscow: FORUM; 2007. 444 p. (In Russ.).
7. Karlsons A, Osvalde A, Cekstere G, Ponnale J. Research on the mineral composition of cultivated and wild blueberries and cranberries. Agronomy research. 2018;16(2):454–463. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.18.039>.


8. Ovsyannikova EA, Kiseleva TF, Potapov AN, Duzhev AV. Research on the wild berries of Siberia extraction using biocatalytic methods. Food Processing: Techniques and Technology. 2012;27(4):110–114. (In Russ.).
9. Hurkova K, Uttl L, Rubert J, Navratilova K, Kocourek V, Stranska-Zachariasova M, et al. Cranberries versus lingonberries: A challenging authentication of similar *Vaccinium* fruit. Food Chemistry. 2019;284:162–170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.014>.
10. Borodulin DM, Ivanets VN, Safonova EA, Prosin MV, Milenkiy IO, Noskova VV. Intensification of beer wort hopping with the use of rotary pulsation apparatus. Scientific Journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment. 2017;(4):3–12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2017-10-4-3-12>.
11. Oganesyants LA, Reitblat BB, Peschanskaya VA, Dubinina EV. Scientific aspects of ardent spirits production from fruit raw materials. Vinodelie i vinogradarstvo [Winemaking and Viticulture]. 2012;(1):18–19. (In Russ.).
12. Konga AK, Muchandi AS, Ponnaiah GP. Soxhlet extraction of *Spirogyra* sp. algae: an alternative fuel. Biofuels. 2017;8(1):29–35. DOI: <https://doi.org/10.1080/17597269.2016.1196328>.
13. Murashev SV, Ishevskiy AL, Uvarova NA. Opredelenie sodержaniya vody i sukhikh veshchestv v pishchevykh produktakh [Determination of water and solids in food products]. St. Petersburg: ITMO University; 2007. 24 p. (In Russ.).
14. Dyshlyuk L, Babich O, Belova D, Prosekov A. Comparative analysis of physical and chemical properties of biodegradable edible films of various compositions. Journal of Food Process Engineering. 2017;40(1). DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12331>.
15. Rudoy GI. Analysis of the stability of nonlinear regression models to errors in measured data. Pattern Recognition and Image Analysis. 2016;26(23):608–616. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1054661816030172>.
16. Wu J, You F, Jiang P. Noise variance estimation method based on regression analysis and principal component analysis. Dianzi Yu Xinxu Xuebao/Journal of Electronics and Information Technology. 2018;40(5):1195–1201. DOI: <https://doi.org/10.11999/JEIT170624>.
17. Prosin MV. Razrabotka i issledovanie rotorno-pul'satsionnogo ehkstraktora dlya intensivatsii protsessa zatiraniya pri proizvodstve piva [Development and research of a rotary pulsation extractor to intensify the mashing process in beer production]. Cand. eng. sci. diss. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2014. 150 p.
18. Buntova EV. Statisticheskaya obrabotka rezul'tatov izmereniy [Statistical processing of measurement results]. Samara: Kniga; 2011. 87 p. (In Russ.).
19. Alexeev GV, Aksenova OI. Use of mathematical modeling for resursosberegayuschih food production. Scientific Journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment. 2014;(3):1–10. (In Russ.).
20. Evangelista RL. Oil extraction from lesquerella seeds by dry extrusion and expelling. Industrial Crops and Products. 2009;29(1):189–196. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.024>.

#### Сведения об авторах


##### Федоренко Борис Николаевич

д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной механики и инжиниринга технических систем, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11, тел.: +7 (499) 750-01-11,  e-mail: [fedorenkoBN@mgupp.ru](mailto:fedorenkoBN@mgupp.ru)

##### Бородулин Дмитрий Михайлович


д-р. техн. наук, профессор, директор Института инженерных технологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (923) 616-58-75, e-mail: [borodulin\\_dmitri@list.ru](mailto:borodulin_dmitri@list.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>

##### Просин Максим Валерьевич

канд. техн. наук, доцент кафедры техносферной безопасности, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (950) 262-31-88, e-mail: [prosinmv@yandex.ru](mailto:prosinmv@yandex.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-4615-5628>

#### Information about the authors


##### Boris N. Fedorenko

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Applied Mechanics and Engineering of Technical Systems, Moscow State University of Food Production, 11, Volokolamskoye shosse, Moscow, 125080, Russia, phone: +7 (499) 750-01-11,  e-mail: [fedorenkoBN@mgupp.ru](mailto:fedorenkoBN@mgupp.ru)

##### Dmitry M. Borodulin

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Director of the Institute of Engineering, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (923) 616-58-75, e-mail: [borodulin\\_dmitri@list.ru](mailto:borodulin_dmitri@list.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0003-3035-0354>

##### Maksim V. Prosin

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (950) 262-31-88, e-mail: [prosinmv@yandex.ru](mailto:prosinmv@yandex.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0002-4615-5628>

**Шафрай Антон Валерьевич**

канд. техн. наук, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (903) 984-38-46, e-mail: shafraia@mail.ru

**Лобасенко Борис Анатольевич**

д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (905) 902-12-27, e-mail: lobasenko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>

**Головачева Яна Сергеевна**

магистрант кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (905) 947-54-57, e-mail: golovacheva-96@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6521-9308>

**Anton V. Shafrai**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (903) 984-38-46, e-mail: shafraia@mail.ru

**Boris A. Lobasenko**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (905) 902-12-27, e-mail: lobasenko@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0245-7904>

**Yana S. Golovacheva**

Undergraduate of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (905) 947-54-57, e-mail: golovacheva-96@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6521-9308>

## Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности

Л. А. Маюрникова<sup>1,\*</sup>, А. А. Кокшаров<sup>1</sup>, Т. В. Крапива<sup>1</sup>, С. В. Новоселов<sup>2</sup>



<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»,  
656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46

Дата поступления в редакцию: 12.02.2020  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: [nir30@mail.ru](mailto:nir30@mail.ru)



© Л. А. Маюрникова, А. А. Кокшаров, Т. В. Крапива, С. В. Новоселов, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Проблема дефицита микронутриентов в питании населения является важной составляющей в формировании и сохранении здоровья как для развивающихся, так и для многих развитых стран мира. Дефицит микронутриентов (МН), следствием которого являются алиментарно-зависимые заболевания (АЗЗ), вызывает необходимость введения во многих развивающихся странах обязательного обогащения пищевых продуктов как действенной меры профилактики на законодательном уровне. В развитых странах практикуется добровольное обогащение пищевых продуктов. Накопленный опыт борьбы с дефицитом микронутриентов обобщен и изложен в документах ФАО/ВОЗ. Специфические особенности решения проблемы являются предметом разработки и реализации государственных профилактических программ. Анализ путей профилактики микронутриентной недостаточности показал высокую социальную и экономическую эффективность обогащения продуктов питания дефицитными для каждой страны МН с учетом национальных особенностей и традиций питания. Приоритетными обогащающими добавками (ОД) являются йод, железо и витамин А.

**Результаты и их обсуждение.** Дан обзор состояния проблемы дефицита этих МН в разных странах мира, профилактики через обогащение путем выбора групп продуктов питания, ОД и способа обогащения. Роль селена в питании и развитии АЗЗ менее изучена и требует широкомасштабных исследований с учетом имеющегося опыта. Показана хронология профилактических мероприятий по снижению микронутриентной недостаточности населения России в рамках государственных программ. Приведен перечень нормативных документов, регулирующих производство и оборот обогащенных продуктов питания. Новизна исследований заключается в формировании рекомендуемых приоритетных направлений научных исследований в области обогащения продуктов питания дефицитными МН с учетом известного опыта и его анализа.

**Выводы.** Практическое применение материалов статьи можно использовать для осмысления указанной проблемы, ее актуальности, постановки цели и задач научных исследований, в том числе в рамках профилактических программ.

**Ключевые слова.** Микронутриенты, дефицит, повышение питательной ценности, пищевые добавки, йод, селен, железо, законодательная база

**Для цитирования:** Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности / Л. А. Маюрникова, А. А. Кокшаров, Т. В. Крапива [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 124–139. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139>.

Review article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Food Fortification as a Preventive Factor of Micronutrient Deficiency

L.A. Mayurnikova<sup>1,\*</sup>, A.A. Koksharov<sup>1</sup>, T.V. Krapiva<sup>1</sup>, S.V. Novoselov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

<sup>2</sup> Polzunov Altai State Technical University,  
46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia

Received: February 12, 2020  
Accepted: March 03, 2020

\*e-mail: [nir30@mail.ru](mailto:nir30@mail.ru)



© L.A. Mayurnikova, A.A. Koksharov, T.V. Krapiva, S.V. Novoselov, 2020

## Abstract.

*Introduction.* The problem of micronutrient deficiency remains a relevant issue all over the world. However, it is mostly developed countries that practice food fortification. The FAO and the WHO accumulate related experience and summarize it in various documents. Yet some aspects of the problem can be solved on state level. The present research featured micronutrient deficit and preventive measures in several countries taking into account local food traditions. Since 1920, a number of industrially developed northern countries have started developing and implementing various food fortification programs. Similar programs are being introduced in East, Central, and South Africa and Southeast Asia. For 40 years, Russia has been taking various measures to prevent micronutrient deficiency and related diseases.

*Results and discussion.* The research revealed the social and economic measures of food fortification that were found lacking in these countries. The main problem proved to be iodine, iron, and vitamin A deficiency. However, lack of other micronutrients also remains a burning issue. The present paper gives an overview of iodine, selenium, and iron deficiencies in several countries. The authors proposed several solutions, e.g. food group selection, food additives (mono or premix), various ways of fortification, etc. The article also contains a list of main Russian regulatory documents that control the production and turnover of food fortification. The authors showed advantages of food fortification of mass consumption products, e.g. the low cost of processing, the affordability of enriched products, their availability for different social population, the well-developed regulation standards, the good social effect of food fortification projects, their economic efficiency, etc. Taking into consideration the environmental changes and various geopolitical and economic factors that negatively affect nutrition and population health, the authors recommend to continue evidence-based research in this direction to develop new technologies and food supplements.

*Conclusion.* The novelty of the research lies in the fact that it reveals priority areas for prospective scientific research in food fortification based on a thorough analysis of the existing experience. From the point of view of practical application, the research offers a deeper understanding of the problem, stresses its relevance, sets goals and objectives of future studies, and offers some ideas for preventive programs.

**Keywords.** Micronutrients, deficiency, nutritional value enhancement, food supplementation, iodine, selenium, iron, legal framework

**For citation:** 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.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-124-139>.

## Введение

Глобальные проблемы современности – это совокупность наиболее острых мировых проблем, решение которых требует массового осмысления и объединения усилий всех народов и государств. Значимыми проблемами для всего мира считают экологическую, геополитическую и продовольственную.

Продовольственная проблема мирового масштаба – это неспособность человечества полностью обеспечить себя продуктами питания, которые соответствуют принятым физиологическим нормам. К факторам, влияющим на продовольственную проблему, относят быстрый рост населения планеты и специфику его территориального размещения, влияние экономики развивающихся стран, политическую обстановку в мире, повсеместную индустриализацию и др. Эта проблема позиционируется не только как недостаток продовольствия, но и как несбалансированность питания в различных государствах мира. Следствием являются неинфекционные заболевания, в том числе алиментарно-зависимые заболевания (АЗЗ).

Россия в конце XX и начале XXI века пережила серьезные социально-экономические потрясения, отрицательно сказавшиеся на состоянии здоровья значительной части населения. Алиментарно-зависимые заболевания связаны с нарушением структуры питания. Причиной является микронутриентная недостаточность.

Постоянный мониторинг микронутриентного статуса разных групп населения, разработка, осуществление и оценка эффективности профилактических программ является одной из задач медицинской науки, гигиены питания и пищевых технологий. В этой ситуации, как убедительно свидетельствует весь мировой и отечественный опыт, наиболее эффективным, физиологичным и экономически доступным способом кардинального улучшения обеспеченности населения микронутриентами является включение в рацион пищевых продуктов и готовых блюд, обогащенных ценными биологически активными пищевыми веществами до уровня, который соответствует физиологическим потребностям человека.

Цель исследования – анализ, систематизация и обобщение международного и отечественного опыта в области АЗЗ, обусловленных дефицитом микронутриентов, путей профилактики этих заболеваний через программы разного уровня (международные, национальные и региональные), изучение их эффективности и законодательства с учетом хронологии событий.

## Результаты и их обсуждение

*Проблема дефицита микронутриентов.* В большинстве стран мира несколько факторов риска обуславливают значительную долю всех случаев смертности и заболеваемости от хронических неинфекционных заболеваний. Особое место занимают факторы, связанные с нарушением питания.

Одним из пищевых факторов является полноценное и регулярное снабжение организма всеми необходимыми микронутриентами: витаминами и минеральными веществами [1].

Международная конференция ФАО/ВОЗ по питанию, состоявшаяся в 1992 г. в Риме, указала на широкое распространение дефицита микронутриентов (МН) как на важнейшую проблему питания не только развивающихся, но и развитых стран, а также подчеркнула необходимость широкомасштабных мер на государственном уровне для эффективной коррекции этих дефицитов [2–4].

Постоянный мониторинг микронутриентного статуса различных групп населения, выявление дефицита витаминов, микро- и макроэлементов, их глубины и распространенности, разработка профилактических мероприятий – основная задача профилактической медицины, гигиенистов и технологов.

В России изучение этих вопросов осуществляется в рамках социально-гигиенического мониторинга. Социально-гигиенический мониторинг – это государственная система наблюдения, анализа, оценки и прогноза состояния здоровья населения и среды обитания человека, определения причинно-следственных связей между состоянием здоровья населения и воздействием факторов среды обитания на человека (далее – мониторинг).

Данные результатов структуры питания и пищевого статуса различных групп населения, проживающих в субъектах РФ, публикуются ежегодно на официальном сайте Департамента РПН.

Изменение внешних факторов среды и их влияние на состояние питания и здоровья населения стало причиной внесения предложений новых подходов к проведению санитарно-гигиенического мониторинга в современных условиях развития общества с целью его совершенствования [5–7].

Результаты многолетних исследований состояния питания и здоровья детского и взрослого населения различных регионов России, начиная с конца XX века и по настоящее время (В. А. Тутельян, В. Б. Спиричев, Б. П. Суханов, В. М. Позняковский, Л. Н. Шатнюк), свидетельствуют о недостаточном потреблении витаминов и минеральных веществ. Глубина дефицита микронутриентов (МН) нарастает в зимне-весенний период, но сохраняется и в более благоприятные летне-осенние месяцы, являясь постоянно действующим вредным фактором. Особую значимость имеет недостаток потребления питательных веществ в детском возрасте, который отрицательно сказывается на здоровье, физическом и умственном развитии, способствует развитию обменных нарушений, хронических заболеваний и препятствует формированию здорового поколения.

*Профилактика через обогащение продуктов питания.* В качестве путей профилактики

микронутриентной недостаточности используют включение в рацион витаминно-минеральных комплексов (ВМК), биологически активных добавок к пище (БАД), продуктов питания с заданными функциональными свойствами, в том числе обогащенных эссенциальными микронутриентами [8, 9].

Обогащение пищевых продуктов – один из основных факторов в борьбе с дефицитом микроэлементов в промышленно развитых странах мира [10]. Соединенные Штаты, Швейцария и Канада осознали необходимость обогащения продуктов питания в борьбе с микронутриентной недостаточностью в разных группах населения, начиная с 1920-х годов [11, 12].

Для ряда стран Восточной, Центральной и Южной Африки программы профилактики микронутриентной недостаточности через обогащение продуктов питания являются актуальными. Так, ЕЦСА-НС (Сообщество здравоохранения Восточной, Центральной и Южной Африки), являясь региональной межправительственной организацией здравоохранения, способствует сотрудничеству в области здравоохранения среди стран-членов этой организации: Кения, Лесото, Малави, Маврикий, Мозамбик, Сейшельские острова, Свазиленд, Южная Африка, Танзания, Уганда, Замбия и Зимбабве. В 2002 году организация приняла решение о снижении дефицитных состояний путем обогащения пищевых продуктов и была поддержана USAID/EA (Высший федеральный орган государственного управления США в области оказания помощи за рубежом) [13, 14].

В Юго-Восточной Азии (2003 г.) Международный Институт биологических наук (ILSI) Бангкока (Таиланд) реализует международную программу по обогащению пищевых продуктов микроэлементами. Одной из задач программы является вовлечение заинтересованных сторон-партнеров по вопросам обогащения пищевых продуктов в странах АСЕАН (Филиппины, Бруней, Малайзия, Вьетнам, Камбоджа, Сингапур, Мьянма, Лаос, Индонезия) [15–17].

Россия имеет свою историю развития профилактики микронутриентной недостаточности. Началом разработки и реализации программ обогащения пищевых продуктов дефицитными МН явилось постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 58 от 14.01.1960 «О мерах по дальнейшему улучшению медицинского обслуживания и охраны здоровья населения СССР». Приказом министра здравоохранения СССР № 695 от 24.08.1972 предусматривалась витаминизация ряда продуктов массового потребления (мука, молоко, маргарин, сахар) и обогащение витамином С первых и третьих блюд на предприятиях питания. Однако отсутствие согласованности между участниками, реализующими данные руководства правительства, не дало эффективного положительного результата.



В 1983 г. Институт питания РАМН совместно с Научным Советом Госкомитета СССР по науке и технике, а также Межведомственным советом по профилактике заболеваний и укреплению здоровья населения при Минздраве СССР на основе международного и уже сложившегося отечественного опыта стали инициатором решения проблемы в рамках программы «Производство пищевых продуктов и рационализация питания населения СССР». Министерство здравоохранения СССР издало Приказ № 528 от 5.07.1988 «О мерах по дальнейшему улучшению охраны здоровья населения и укреплению материально-технической базы здравоохранения». В дальнейшем вопросы обогащения пищевых продуктов массового потребления витаминами и минеральными веществами решались в рамках государственных программ: по ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АС (1990–1992 гг.), «Высокоэффективные процессы производства продовольствия» (1992–1995 гг.), «Здоровье населения России на 1993–1995 гг.», «Здоровое питание» (1999–2005 гг.) и т. д.

Однако, в отличие от ряда зарубежных стран, где обогащение пищевых продуктов закреплено законом, в России меры профилактики дефицита микронутриентов осуществляются на добровольной основе.

В современных условиях развития общества обогащение пищевых продуктов – это процесс, требующий согласованного взаимодействия представителей науки, техники, технологии, медицины, производства и рынка. В основе этого процесса лежат научные исследования, результатом которых являются новые знания в виде концепции, методологии, методов, способов, технологий и т. д.

Международный опыт обогащения пищевых продуктов, объединенный в документах ФАО/ВОЗ, был положен в основу разработки методологии обогащения продуктов в России. Основоположниками развития принципов обогащения пищевых продуктов были специалисты ФГБУН «Исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» В. Б. Спиричев, Б. П. Суханов и В. А. Тутельян в тесном сотрудничестве с отраслевыми институтами и профильными университетами.

Обогащение продуктов питания – это объективное вмешательство в современную структуру питания человека, обусловленное изменением ряда факторов: обновлением рынка продовольственных товаров, пищевой ценности и усвояемости продуктов питания, неблагоприятными изменениями экологической и климатической ситуации, региональными особенностями и др. Эти факторы вызывают необходимость и целесообразность корректировки методологических основ обогащения продуктов питания [18–21].

Каждая область научной и практической сферы познания начинается с понятийного аппарата. В Кодексе Питания «обогащение продовольствия» определено как добавление одного или более необходимых пищевых веществ к продуктам, содержащим или не содержащим нутриенты в естественном состоянии с целью предотвращения или устранения явного дефицита одного или более питательных веществ у населения в целом или у определенных групп населения.

Явный или «демонстрируемый дефицит» – это дефицит, демонстрируемый диетическими, биохимическими, функциональными и/или клиническими данными дефицита нутриента(ов), зарегистрированными в официальных документах.

Из терминов, широко применяемых при обогащении пищевых продуктов, в зарубежной практике используют: «обогащение» (от англ. enrichment), обозначающее добавление к продуктам питания любых эссенциальных пищевых веществ (витаминов, макро- и микроэлементов, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон и других биологически активных веществ) безотносительно к количеству, набору и цели добавления. Близок термин «нутрификация» (от англ. nutrification), подчеркивающий цель такого добавления – увеличение пищевой ценности продуктов питания. Более узкий смысл имеет термин «восстановление» (от англ. restoring), обозначающий добавление пищевых веществ к продуктам питания для восстановления их потерь в процессе производства, хранения и реализации. Например, восполнение содержания витамина С в соках после переработки соответствующих ягод до уровня их содержания в исходном сырье. В зарубежной литературе широко используют термин «фортификация» или усиление (от англ. amplification), т. е. дополнительное обогащение продуктов питания недостающими пищевыми веществами до уровня, превышающего их естественное содержание в данном продукте.

Современная пищевая фортификация включает в себя «биофортификацию», т. е. использование биотехнологии (например, генной инженерии) для обогащения основных культур. Биофортификация, являясь современным методом обогащения пищевых продуктов, вызывает интерес в последние годы во всем мире. Самым популярным примером данного подхода является трансгенный «Золотой рис», в котором содержится значительное количество бета-каротина, а уровень железа в два раза превышает нормативный [22].

Микробиологическая биофортификация заключается в использовании бактерий, которые образуют вещества, способствующие накоплению витаминов и минеральных веществ в процессе жизнедеятельности

в продуктах питания или непосредственно в кишечнике человека [23].

В России основные термины и определения, связанные с обогащением продуктов питания изложены в нормативных документах. Так, согласно ГОСТ Р 52349-2005, обогащенный пищевой продукт – это функциональный пищевой продукт, получаемый добавлением одного или нескольких функциональных пищевых ингредиентов к традиционным пищевым продуктам в количестве, обеспечивающем предотвращение или восполнение имеющегося в организме дефицита питательных веществ и/или собственной микрофлоры.

Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011 трактует обогащенную пищевую продукцию как продукцию, в которую добавлены пищевые и/или биологически активные вещества и/или пробиотические микроорганизмы, не присутствующие в ней изначально, либо присутствующие в недостаточном количестве или утраченные в процессе производства (изготовления). При этом гарантированное изготовителем содержание каждого пищевого или биологически активного вещества, использованного для обогащения, доведено до уровня, соответствующего критериям для пищевой продукции – источника пищевого вещества или других отличительных признаков пищевой продукции. Максимальный уровень содержания пищевых и/или биологически активных веществ в такой продукции не должен превышать верхний безопасный уровень потребления таких веществ при поступлении из всех возможных источников (при наличии таких уровней).

Таким образом, обогащение пищевых продуктов является мерой профилактики алиментарно-зависимых заболеваний и частным случаем решения проблемы микронутриентного дефицита.

В связи с перспективностью гармонизации нормативной базы (документов) во многих направлениях развития мирового сообщества, в том числе в профилактике АЗЗ и анализа существующих действующих документов, можно выделить некоторые элементы общности в концепции обогащения пищевых продуктов:

- для обогащения используют те МН, дефицит которых является демонстрируемым и вызывает опасение для здоровья населения;
- целесообразно обогащать продукты массового потребления, которые доступны для всех групп населения;
- обогащение не должно ухудшать потребительские свойства продуктов, поэтому необходим подбор обогащающих добавок с учетом состава и свойств обогащаемого продукта;
- выбор технологии базируется на максимальной сохранности обогащающих добавок в готовом продукте;

- количество обогащающей добавки в продукте должно соответствовать статусу продукта и контингента, для которого он предназначен;
- должны быть методы идентификации и контроля качественного и количественного содержания обогащающей добавки в обогащенном продукте;
- потребитель должен быть информирован о статусе приобретаемого продукта.

По мнению В. М. Коденцовой существуют два типа обогащения пищевой продукции [24]. При массовой фортификации обогащению подвергаются пищевые продукты (хлеб и хлебобулочные изделия, молочные продукты, зерновые продукты (каши, мюсли, хлопья), соки, нектары, напитки, йодированная соль), которые повседневно потребляются всеми слоями населения старше 3 лет. Целевое обогащение – обогащение пищевых продуктов для отдельных категорий населения. Обогащение продуктов массового потребления почти всегда является обязательным, законодательно закрепленным. Целевое обогащение, в зависимости от проблемы, которую пытаются решить, может быть обязательным или добровольным. Свободное или добровольное («либеральное») обогащение по инициативе производителей широко развито в индустриально развитых странах. Иногда его называют «управляемое промышленностью обогащение» или «свободнорыночное обогащение» («market-driven fortification»), но и оно регулируется государственными нормативными документами. «Добровольное» обогащение, т. е. добавление витаминов и минеральных веществ по усмотрению производителей пищевых продуктов, часто осуществляется в маркетинговых целях. Примером обязательного обогащения является йодизация соли в развивающихся странах [25].

Л. А. Маюрникова с соавторами на основе обобщения материалов по изучаемой теме выделяют два направления развития обогащения продуктов питания:

- технологии механистического формирования набора необходимых микронутриентов при обогащении продуктов питания с учетом глубины и распространенности дефицита, демонстрируемого на основании статистических данных, соответствующих государственных органов и организаций, вызывающих АЗЗ;
- технологии, основанные на изучении и учете предпочтений потребителей при разработке и производстве обогащенных продуктов питания [26].

Могут иметь место оба направления одновременно, т. к. обогащение должно иметь как социальный, так и экономический эффект.

*Эффективность программ обогащения.* Четко сформулированные программы в области профилактики микронутриентной недостаточности начали развиваться в 80-х годах XX века. В ряде

стран формировалась политика здорового питания населения на национальном или региональном уровнях. Эти программы базировались на данных эпидемиологии и современных концепциях профилактики. Независимо от региональных и национальных особенностей международный опыт показывает высокую эффективность таких программ.

В 2008 году ведущие экономисты мира проанализировали затраты и выгоды различных мероприятий в области общественного здравоохранения. Результаты показали, что обогащение является одним из наиболее экономически эффективных мероприятий, которые существуют для решения проблемы недостаточности питательных микроэлементов. В зависимости от пищи и конкретных добавляемых витаминов и микроэлементов обогащение обходится всего в \$0,05–0,25 на человека в год. Прирост производительности труда и экономия для национальной системы здравоохранения во много раз превышают эти затраты.

В США изучение экономической составляющей реализации профилактических программ показывает, что расходы на лечение при недостаточности витаминов и микроэлементов могут варьировать от доллара и выше, тогда как, например, добавка витамина А стоит приблизительно два цента. Годовой экономический эффект внедрения программы обогащения зерновых в США оценивается в 312–425 млн. долл. США, а экономия составляет 88–145 млн. долл. США в год.

Проведенный в Бельгии расчет с использованием данных официальной статистики показал, что при обогащении рациона кальцием (400 мг) и витамином D (200 МЕ) лечение по предотвращению остеопоротических переломов для населения в возрасте старше 60 лет и во всех возрастных группах женщин с низкой минеральной плотностью кости или с компрессионным переломом позвонков было более эффективным и менее затратным [27].

Анализ эффективности обогащения, проведенный во Франции, показал, что потребление двух молочных продуктов, обогащенных витамином D, может привести к значительному снижению экономических затрат на лечение переломов у женщин старше 60 лет и у мужчин старше 70 лет [28].

В Германии общая стоимость программы по обогащению пищевой продукции витамином D (20 мкг/чел.) и Са (200 мг/чел.) – 41 млн. евро в год, в т. ч. 33,1 млн. евро на холе кальциферол и Са, 3,3 млн. евро – на маркетинговые и образовательные мероприятия, 2,9 млн. евро – для контроля продуктов питания и мониторинга, 2,1 млн. евро – на другие текущие расходы [29]. В Великобритании в качестве эффективного продукта, подлежащего обогащению, предложена пшеничная мука (10 мкг/100 г) [30].

Ежегодная стоимость обеспечения охраны здоровья одного человека в течение года с помощью

сахара, обогащенного железом (Гватемалеа), и соли, обогащенной железом (Индия), согласно оценкам экспертов, составляет до 10 центов на человека.

В Танзании по подсчетам Всемирного банка дефицит железа, витамина А и фолиевой кислоты обходится более чем в 518 млн. долл. (2,65 % ВВП). По прогнозам программа обогащения пищевых продуктов принесет 8,22 долл. прибыли на каждый потраченный доллар [31].

Один из принципов обогащения пищевых продуктов гласит – для обогащения используют те МН, дефицит которых является демонстрируемым и вызывает опасение для здоровья населения. Несмотря на то что многие микро- и макроэлементы и витамины являются дефицитными, внимание международного сообщества сфокусировано на наиболее распространенных дефицитах минеральных веществах – йод, селен, железо.

*Дефицит йода.* Дефицит йода с эндемическим зобом как его основным клиническим проявлением и необратимой умственной отсталостью является частью истории Европейского континента. Особенно остро стояла проблема в изолированных и горных районах Австрии, Болгарии, Хорватии, Франции, Италии, Испании и Швейцарии. В то время появился термин «кретин Альп», который до сих пор занимает свое место в медицинских словарях [32].

Дефицит йода на международном уровне был признан более полутора столетий назад. В начале XIX века впервые было высказано предположение, что потребляемой соли, обогащенной йодом и используемой всеми группами населения мира, позволит снизить проблему дефицита [33].

Одной из первых работ по дефициту йода в Европе была монография «Эндемический зоб», опубликованная Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) более 50 лет назад и рассматривающая проблему дефицита йода во всем мире [34].

Критическая оценка йододефицита в Европе была дана на совещании в Брюсселе в 1992 г. [35]. Было отмечено, что дефицит йода взят под контроль только в пяти странах, а именно в Австрии, Финляндии, Норвегии, Швеции и Швейцарии. В 1993 г. ВОЗ показала, что у 97 миллионов человек в Европейском регионе диагностируется дефицит йода [36].

В начале XXI века дефицит йода считался проблемой общественного здравоохранения в 40 странах мира. Это делает актуальным проведение исследований в системе мониторинга и принятие профилактических программ по снижению йододефицитных состояний, т. к. йод до сих пор считается самым распространенным дефицитным микроэлементом в мире.

В организм человека поступление йода обеспечивают продукты питания (90 %), а также вода и воздух (10 %). В зонах зобной эндемии содержание йода в пищевых продуктах гораздо ниже. Дефицит поступления йода с продуктами обусловлен уровнем

доступности его соединений, потерями на стадиях хранения и транспортировки йодсодержащего сырья, технологией переработки.

Обогащение продуктов питания йодом, в частности солью, успешно практиковалось в течение более чем 80 лет в международных программах предотвращения дефицита йода.

Так, согласно данным по законодательству Глобальной сети по борьбе с дефицитом йода (Iodine Global Network), обогащение соли, пшеничной муки и растительного масла является обязательным в ста восьми, восьмидесяти пяти и двадцати девяти странах (Global Fortification, 2018).

В число государств-членов АСЕАН, имеющие статус «обязательное» обогащение соли йодом, входят Бруней, Вьетнам, Индонезия, Камбоджа, Лаос, Малайзия, Мьянма, Сингапур, Таиланд и Филиппины. Законодательство об обязательном йодировании соли, в том числе и в отношении других пищевых продуктов, существует в таких странах, как Афганистан, Китай, Фиджи, Кирибати, Монголия, Непал, Папуа-Новая Гвинея, Соломоновы острова, Шри-Ланка, Бангладеш и Индия. Например, «Iodine Global Network legislation database», обновленная 26 марта 2017.

Вьетнам входит в группу из 19 стран, остающихся в мире с дефицитом йода. Проведенное в 2011 году многоиндикаторное кластерное обследование показало, что только 45 % домохозяйств во Вьетнаме потребляют йодированную соль, что значительно ниже глобальной рекомендации по всеобщему йодированию соли – 90 %.

В России вопросам снижения дефицита йода уделяется большое внимание. По данным специалистов Эндокринологического научного Центра Минздрава РФ дефицит йода распространен на всей территории России. До 70 % населения страдает заболеваниями щитовидной железы, на лечение которых ежегодно расходуется около 270 млрд. рублей [37].

Наиболее часто используемые при йодировании продукты соединения – йодиды и иодаты натрия и калия. Это добавки, разрешенные Кодексом Алиментарииус (лат. Codex Alimentarius – Пищевой Кодекс) для йодирования соли. Соединения йодидов дешевле, лучше растворяются и имеют более высокое содержание йода (поэтому их требуется меньше для того, чтобы достичь требуемого уровня йодирования), чем иодаты.

Иодаты более стабильны в условиях высокой влажности, высокой температуры окружающей среды, солнечных лучей, проветривания и присутствия примесей. Иодаты рекомендуются для использования в развивающихся странах. Йодид калия хорошо подходит в случаях, когда соль сухая, без примесей и имеет слегка щелочную среду, иначе йодид может окислиться до молекулярного йода

и испариться. Высокая влажность способствует отделению йодида от соли и переходу в водную пленку. Потери йодида можно уменьшить добавлением стабилизаторов в виде тиосульфата натрия, гидроксида кальция, декстрозы и бикарбоната натрия.

Разработаны технологии йодирования соли в условиях как крупных, так и малых предприятий. В настоящее время используются четыре основных технологии добавления йода к соли – сухое смешивание, добавление по каплям, смешивание распылением и погружение в жидкость

В России специалистами ФГБУН «Исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи» и ЗАО «Валетек Продимпекс» разработана соль пищевая поваренная «Экстра», обогащенная иодатом калия до гарантированного содержания йода  $40 \pm 15$  мкг на г соли, имеющая практически неограниченный срок годности. Выпускается соль йодированная с пониженным содержанием натрия, обогащенная калием и магнием.

В 1999 году главным государственным врачом Г. Г. Онищенко было рекомендовано, наряду с продолжением программы йодирования соли, расширить исследования по разработке ассортимента пищевой продукции, обогащенной этим МН.

Альтернативными продуктами питания для обогащения, которые могут рассматриваться в качестве объекта йодирования, являются молоко, сахар, хлеб, мука и приправы. Кроме того, для увеличения содержания йода в продуктах животного происхождения может быть полезным обогащение кормов для рационов животных [38].

Широкое распространение получило обогащение йодом молока. Во всех регионах России, начиная с 2008 года, работает программа «Школьное молоко» (концепция Национальной программы «Школьное молоко», Москва, 2017). Эта работа продолжается в рамках реализации Постановления Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 14 июня 2013 г. № 31 «О мерах по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом микронутриентов, развитию производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения». Важным элементом профилактики йододефицитных состояний в коллективах с организованным питанием является распоряжение министерства здравоохранения РФ «Об обеспечении общеобразовательных учреждений йодированной солью и пищевыми продуктами, обогащенными микронутриентами» от 23.06.2003 г.

В рамках Национальных проектов «Здоровье» и «Демография» в качестве превентивных мер Минздрав РФ готовит законопроект «О профилактике заболеваний, вызванных дефицитом йода». Закон предполагает, что йодирование соли будет проводиться в три этапа: с 1.06.2020 года

ее обяжут использовать при изготовлении хлебобулочных изделий; с 1.06.2021 года вся соль должна быть обогащена иодатом калия; с 1.06.2022 года все пищевые продукты должны быть изготовлены с использованием йодированной пищевой соли.

*Дефицит селена.* До середины прошлого века считалось, что эндемичные формы патологии щитовидной железы обусловлены дефицитом йода. Из этого следовало, что профилактика дефицита йода только за счет увеличения поступления в организм йода является достаточной мерой. В настоящее время результаты фундаментальных исследований по биохимии, молекулярной фармакологии и клинической медицины позволяют подтвердить неразрывную связь метаболизма йода с метаболизмом других МН, в первую очередь селена [39].

По оценкам экспертов до миллиарда человек во всем мире страдают дефицитом селена [40]. Селенодефицит встречается крайне редко в странах Северной Америки, Японии и некоторых частях Южной Америки, тогда как в Европе, особенно Восточной, прослеживается умеренное потребление микроэлемента. В Китае встречаются зоны дефицита и избытка селена. Северная Европа характеризуется зоной дефицита [41–43].

Территории России, Бурятии и Читинской области относят к регионам с дефицитом селена. Положение усугубляется распространенностью дефицита йода на большей части территории Забайкалья.

Содержание селена в крови человека в разных странах значительно варьируется. Так, содержание селена в крови жителей средней полосы России составляет 115–120 мкг/л. В Финляндии оно составляет 81 мкг/л, в Великобритании – 120 мкг/л, в Канаде – 182 мкг/л. В наиболее неблагоприятных регионах Читинской области, например, в Улетовском, уровень селена в крови составляет  $48,5 \pm 1,5$  мкг/л, и только у 10 % людей содержание селена близко к норме – 70 мкг/л и более [44].

Биологическая активность селена зависит от его химического состава [45]. Селен существует в неорганической (селенит натрия, селенат натрия) и органической (например, селен-мет) формах. Форма селена влияет на его биологическую активность: поглощение, накопление в тканях, метаболизм, механизм действия. Неорганические формы используются в качестве источников селена при обогащении пищевых продуктов [46–48]. Наряду с неорганическими формами селена используют в качестве обогащающей добавки селенизированные дрожжи.

Адекватные уровни потребления селена имеют относительно узкий диапазон между дефицитом и токсичностью. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) и Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых

Наций (ФАО) определили норму потребления селена для взрослого в 70 мкг/сут. Для женщин норма составляет 55 мкг/сут, а для мужчин – 60 мкг/сут. Максимально допустимый уровень потребления селена составляет 400 мкг/сут. Селен в количестве 19 мкг/сут является минимальным требованием для предотвращения заболеваний, связанных с его дефицитом [45, 49, 50]. Продукты питания – это источник селена для человека: зерновые, соя, мясо, морепродукты, яйца и молочные продукты, хотя его количество в них не высоко. Дополнительный уровень селена в рационе человека может быть обеспечен за счет включения в рацион биологически активных добавок и обогащенных пищевых продуктов.

В качестве продукта массового потребления для обогащения селеном может быть мука, которая входит в состав многих кулинарных изделий и блюд, хлеб, макаронные изделия и полуфабрикаты из мяса [51, 52]. Известны технологии обогащения селеном молочных продуктов, масла и яиц.

Представляют интерес технологии биообогащения растений и животных в период их выращивания [43, 44].

Целесообразно продолжать исследования, направленные на научно обоснованный выбор продуктов для обогащения селеном и обогащающих добавок, поиск оптимальных режимов и параметров технологий обогащения, т. к. имеющийся опыт показывает, что на разных этапах производства наблюдаются большие потери этого микронутриента.

*Дефицит железа.* Проблема железодефицитных состояний (ЖДС) не нова для медицинской науки и практики. Важным является факт, что два основных ЖДС – латентный дефицит железа (ЛДЖ) и железодефицитная анемия (ЖДА) – встречаются во всех странах мира, но распространенность этих состояний различна. Латентный дефицит железа в Европе и России составляет 30–40 %, а в некоторых регионах (районы Севера, Северный Кавказ, Восточная Сибирь) – 50–60 % [53].

Распространенность анемии у беременных женщин ниже в регионах с высоким уровнем дохода, поэтому самый низкий уровень анемии отмечается в Северной Америке, Европе и Центральной Азии. Показатели заболеваемости анемией особенно высоки в Южной Азии и странах Африки. В некоторых странах они превышают 60 %. Широко распространена анемия у детей. В Северной Америке уровень анемии составляет 9 %, Европе и Центральной Азии – 22%, Восточной Азии и Тихоокеанском регионе – 26 %. Этот показатель высок в Южной Азии и странах Африки и составляют 55 % и 60 % соответственно.

Дефицит железа формируется за счет незначительного количества продуктов питания богатых железом, включаемых в рацион питания. Обогащение продуктов питания железом практически во всех странах осуществляется в рамках программ

обогащения. Анализ законодательных основ обогащения продовольствия этим МН показывает, что практически во всех странах мира обогащение продуктов питания является добровольным. Надо отметить, что перенасыщение железом не вредно для растущего организма и женщин детородного возраста, т. к. потребность в железе для этих групп намного выше, чем для взрослых мужчин.

Стратегия обогащения продуктов питания железом для коррекции железодефицитной анемии является самым доступным решением, легко иницируется и поддерживается, достигает наибольшего числа людей, гарантирует устойчивость.

В США обогащение сухих зерновых завтраков витаминами и минеральными веществами, в частности железом, в количестве от 15 до 25 % от рекомендуемой нормы потребления (РНП) на порцию осуществляется с 1970-х гг. Обогащение продуктов питания железом применяется в ряде стран Латинской Америки и Карибского бассейна в соответствии с постановлениями правительства [54].

Для обогащения железом выбирают продукты питания наиболее часто потребляемые с учетом специфики регионов и национальных традиций питания. Например, рис является глобально производимым и потребляемым продуктом питания – около 450 миллионов тонн ежегодно. Это доминирующая основная продовольственная культура для 3 миллиардов человек во всем мире, обеспечивающая до 50–60 % энергией и белком. В мире производится 95 % риса в развивающихся странах, из которых 92 % приходится на Азию. В 2016 году странами с самым высоким потреблением риса были Китай (29 %), Индия (19 %) и Индонезия (11 %). Вместе взятые они составили 59 % от общего потребления. За ними следовали Бангладеш, Вьетнам, Мьянма, Таиланд, Филиппины, Бразилия и Япония.

Благодаря своей популярности, охвату и объемам потребления, рис является эффективным пищевым продуктом для обогащения. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), задачей которой является разработка научно обоснованных руководящих принципов для обогащения основных продуктов питания, постоянно занимается обновлением технологий обогащения риса железом и другими микроэлементами [55].

Хлеб и хлебобулочные изделия, являясь продуктами ежедневного потребления во многих странах мира, широко используются для обогащения железом. Другие продукты, например, молочные изделия, сахар, порошок карри, соевый соус и печенья, используются для целей обогащения.

Во Вьетнаме и Китае клинические испытания эффективности обогащения продуктов питания показали, что обогащение рыбы соусом с железом способствует значительному улучшению

обеспеченности населения железом и уменьшает железодефицитную анемию.

Соединения железа, используемые в обогащении продуктов питания, обычно классифицируются согласно их растворимости. Выбор соответствующего обогатителя для любого данного применения основывался на критериях: органолептические показатели, биоактивность, стоимость и безопасность. В отличие от препаратов йода и селена препараты железа могут оказывать отрицательное влияние на органолептические показатели обогащаемых продуктов. Эти показатели зачастую являются основным фактором выбора либо продукта для обогащения, либо дозы внесения обогащающей добавки.

Наиболее часто используемые обогащающие добавки в продуктах питания: железа (II) глюконат, железа (II) сульфат, железа (II) лактат, железа (II) фумарат, железа (III) дифосфат (пирофосфат), железа (II) цитрат, железо (III) аммонийно-цитратное.

Цвет соединений железа часто является критическим фактором при обогащении светлоокрашенных соединений. Например, ортофосфат железа часто выбирают в качестве обогатителей риса. Использование более растворимых соединений железа часто приводит к развитию обесцвечивания и исчезновению вкуса из-за реакции с другими веществами продукта. Например, детское питание из злаковых становится серым или зеленоватым при добавлении сульфата железа. Исчезновение аромата может быть результатом окисления жиров, катализируемого железом. Соединения железа могут способствовать появлению металлического привкуса в соках и напитках.

Биоактивность соединений железа обычно оговаривается относительно стандарта – сульфата железа. Водорастворимые соединения железа имеют хорошую биоактивность. Проблема низкой биоактивности некоторых из менее реакционноспособных форм железа часто решается путем использования интенсификаторов поглощения, добавляемых вместе с обогатителем. Примеры таких интенсификаторов – аскорбиновая кислота, кислый сульфат натрия и ортофосфорная кислота.

Перспективным является обогащение пищевых продуктов железом с одновременным добавлением других микронутриентов – фолиевой кислоты, витаминов В<sub>12</sub>, С и др. Некоторые из перечисленных могут повысить его эффективность значительно.

*Техническое регулирование качества и безопасности обогащенных продуктов питания.* Важной составляющей любых профилактических программ, направленных на обогащение продуктов питания, является наличие и обновление (пересмотр) законодательства стран мира с целью защиты здоровья потребителей. В случаях обогащения продовольствия необходимы гарантии, что

население групп риска не получит токсичной либо неэффективной дозы любого используемого микронутриента. Должны быть прописаны процедуры контроля на всех этапах производства, упаковки, хранения и реализации.

Основополагающими стандартами в международной практике законодательного регулирования производства и оборота пищевой продукции, в том числе обогащенной, являются стандарты Кодекса Алиментариус, директивы Европейского Парламента и Совета Европейского Союза. В рамках Евразийского Экономического союза (ЕАЭС) разрабатывается современная система технического регулирования, гармонизированная с требованиями международных стандартов.

В России с учетом международных стандартов разработаны и введены в действие документы, излагающие требования к процедуре обогащения и доведения информации о свойствах продукции до потребителя в виде Технических регламентов Таможенного Союза, ГОСТов, СанПиНов, МР:

- ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»;
- ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»;
- ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания»;
- Регламент ЕС 1924/2006 о потребительской маркировке пищевой ценности и полезных свойств пищевого продукта;
- ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения;
- ГОСТ Р 54060-2010. Продукты пищевые функциональные. Идентификация. Общие положения;
- ГОСТ Р 55577-2013. Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности;
- СанПиН 2.3.2.2804-10 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Дополнения и изменения № 22 к СанПиН 2.3.2.1078-01;
- МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации;
- МР 2.3.1.1915-04 Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ.

### **Выводы**

Таким образом, микронутриентная недостаточность не является проблемой одного отдельно взятого государства, это проблема международного уровня. Опыт решения этой проблемы как развитых, так и развивающихся стран мира, показывает, что эффективным является включение в рацион питания витаминно-минеральных комплексов, биологически

активных добавок, пищевых продуктов с заданными свойствами, в частности обогащенных дефицитными МН. Преимущество последнего заключается в массовости, низкой стоимости обогащения и обогащенных продуктов, доступности для населения с низкими доходами, регламентированном содержании в продуктах обогащающих добавок, безопасности ежедневного применения, отсутствии психологического неприятия в связи с использованием для обогащения традиционных продуктов питания, возможности контроля качества и безопасности при производстве и реализации. Как на международном уровне, так и в Российской Федерации, разработана и обновляется по мере необходимости нормативная база относительно понятийного аппарата, требований к качеству, безопасности и функциональности обогащенных продуктов питания.

Реализация программ обогащения позволяет решать ряд важных вопросов:

- социальные: улучшение состояния питания различных групп населения, профилактика АЗЗ, повышение уровня образования населения в области здорового питания;
- экономические: снижение финансовых затрат на выплату больничных листов по нетрудоспособности (если это предусмотрено законодательством государства), повышение работоспособности и продолжительности жизни населения, минимальные затраты на профилактические мероприятия;
- экологические: повышение устойчивости организма человека к неблагоприятным факторам внешней среды (особенно крупных промышленных регионов).

Разработка и реализация программ обогащения целесообразна в рамках коллаборации партнеров, имеющих прямое или косвенное отношение к вопросам питания и здоровью населения. Важен поиск новых технологий обогащения (в том числе конвергентных), обогащающих добавок, исследований в области доказательной базы эффективности.

### **Критерии авторства**

Вклад в выполненную работу: Л. А. Маюрникова – 30 %, А. А. Кокшаров – 30 %, Т. В. Крапива – 25 %, С. В. Новоселов – 15 %.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### **Contribution**

L.A. Mayurnikova was responsible for 30% of the research, A.A. Koksharov – 30%, T.V. Krapiva – 25%, and S.V. Novoselov – 15%.

### **Conflict of interest**

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

### Список литературы

1. Жминченко, В. М. Современные тенденции исследований в нутрициологии и гигиене питания / В. М. Жминченко, М. М. Г. Гаппаров // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 1. – С. 4–14.
2. World declaration and plan of action for nutrition. – Rome : FAO and WHO, 1992. – 50 p.
3. Food fortification: Technology and quality control. – Rome : FAO, 1996. – 102 p.
4. Iron deficiency, cognitive functions, and neurobehavioral disorders in children / L. Pivina, Yu. Semenova, M. D. Dosa [et al.] // Journal of Molecular Neuroscience. – 2019. – Vol. 68, № 1. – P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12031-019-01276-1>.
5. Социально-гигиенический мониторинг на современном этапе: состояние и перспективы развития в сопряжении с риск-ориентированным надзором / Н. В. Зайцева, И. В. Май, Д. А. Кирьянов [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2016. – № 4. – С. 4–16. DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.4.01>.
6. Алпысбаева, Ж. Т. Социально-гигиенический мониторинг условий труда на промышленных предприятиях / Ж. Т. Алпысбаева // Вестник Карагандинского университета. Серия «Биология. Медицина. География». – 2019. – Т. 93, № 1. – С. 84–88.
7. Шарухо, Г. В. Использование системы социально-гигиенического мониторинга в решении проблемы микронутриентной недостаточности (на примере Тюменской области) / Г. В. Шарухо // Медицинская наука и образование Урала. – 2010. – Т. 11, № 3 (63). – С. 153–155.
8. Коденцова, В. М. Обогащение пищевых продуктов массового потребления витаминами и минеральными веществами как способ повышения их пищевой ценности / В. М. Коденцова // Пищевая промышленность. – 2014. – № 3. – С. 14–18.
9. Коденцова, В. М. Витаминизированные пищевые продукты в питании детей: история, проблемы и перспективы / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы детской диетологии. – 2012. – Т. 10, № 5. – С. 31–44.
10. Vidar, M. International legal frameworks for food labelling and consumer rights / M. Vidar // Innovations in food labelling / J. Albert. – Cambridge : Woodhead Publishing, 2009. – P. 17–36.
11. Guidelines on food fortification with micronutrients / L. Allen, B. de Benoist, O. Dary [et al.]. – World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. – 376 p.
12. Sacco, J. Food fortification policy in Canada / J. Sacco // Handbook of food fortification and health. From concepts to public health applications. Volume 1 / V. R. Preedy, R. Srirajakanthan, V. B. Patel. – New York : Humana Press, 2013. – P. 59–71. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7076-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7076-2_5).
13. Sablah, M. Food fortification in Africa: Progress to date and priorities moving forward / M. Sablah, F. Grant, J. L. Fiedler // Sight and Life. – 2013. – Vol. 27, № 3. – P. 18–24.
14. Zimbabwe launches national food fortification strategy [Internet]. – Available from: <https://www.afro.who.int/news/zimbabwe-launches-national-food-fortification-strategy>. – Date of the application: 10.01.2020.
15. Legal framework for food fortification: Examples from Vietnam and Indonesia / M. A. Dijkhuizen, F. T. Wieringa, D. Soekarjo [et al.] // Food and Nutrition Bulletin. – 2013. – Vol. 34, № 2. – P. 112–123.
16. Isabelle, M. Report on Regulatory status of micronutrient fortification in southeast Asia / M. Isabelle, P. Chan, S. Y. Wijaya. – International Life Sciences Institute Southeast Asia Region Report Series, 2011. – 32 p.
17. Gayer, J. Micronutrient fortification of food in southeast Asia: Recommendations from an expert workshop / J. Gayer, G. Smith // Nutrients. – 2015. – Vol. 7, № 1. – P. 646–658. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7010646>.
18. Новый штамм *Saccharomyces cerevisiae* A112 для получения биомасс, обогащенных цинком / Н. Т. М. Кхань, Н. Т. Чанг, Л. Д. Мань [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 4. – С. 114–120. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-114-120>.
19. Маюрникова, Л. А. Формирование потребительских предпочтений к новационным продуктам питания в региональных условиях / Л. А. Маюрникова, С. В. Новоселов, Е. Н. Болховитина // Ползуновский вестник. – 2010. – № 4–2. – С. 13–19.
20. Корнен, Н. Н. Методологические подходы к созданию продуктов здорового питания / Н. Н. Корнен, Е. П. Викторова, О. В. Евдокимова // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 1. – С. 95–99.
21. Третьяк, Л. Н. Дополнительные требования к качеству и безопасности пищевых продуктов, обогащенных добавками / Л. Н. Третьяк, Д. И. Явкина // Пищевая промышленность. – 2018. – № 5. – С. 18–21.
22. Kinetics of  $\beta$ -carotene degradation under different storage conditions in transgenic Golden Rice® lines / H. Bollinedi, J. Dhakane-Lad, S. Gopala Krishnan [et al.] // Food Chemistry. – 2019. – Vol. 278. – P. 773–779. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.121>.
23. Biofortification of riboflavin and folate in idli batter, based on fermented cereal and pulse, by *Lactococcus lactis* N8 and *Saccharomyces boulardii* SAA655 / S. C. Chandrasekar Rajendran, B. Chamlagain, S. Kariluoto [et al.] // Journal of Applied Microbiology. – 2017. – Vol. 122, № 6. – P. 1663–1671. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.13453>.
24. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Д. В. Рисник [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 113–124.



25. Герасимов, Г. А. Методологические подходы к созданию продуктов здорового питания / Г. А. Герасимов // *Клиническая и экспериментальная тиреоидология*. – 2014. – Т. 10, № 4. – С. 5–8. DOI: <https://doi.org/10.14341/ket201445-8>.
26. Трихина, В. В. Интегрированный метод разработки специализированных продуктов для коррекции питания персонала, работающего во вредных условиях труда / В. В. Трихина, Л. А. Маюрникова, С. В. Новоселов // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2015. – Т. 3, № 4. – С. 94–106. DOI: <https://doi.org/10.14529/food150413>.
27. Cost-effectiveness of personalized supplementation with vitamin D-rich dairy products in the prevention of osteoporotic fractures / O. Ethgen, M. Hilgsmann, N. Burlet [et al.] // *Osteoporosis International*. – 2016. – Vol. 27, № 1. – P. 301–308. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3319-3>.
28. Public health impact and economic evaluation of vitamin D-fortified dairy products for fracture prevention in France / M. Hilgsmann, N. Burlet, P. Fardellone [et al.] // *Osteoporosis International*. – 2017. – Vol. 28, № 3. – P. 833–840. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00198-016-3786-1>.
29. Economic evaluation of vitamin D and calcium food fortification for fracture prevention in Germany / A. Sandmann, M. Amling, F. Barvencik [et al.] // *Public Health Nutrition*. – 2017. – Vol. 20, № 10. – P. 1874–1883. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1368980015003171>.
30. Does fortification of staple foods improve vitamin D intakes and status of groups at risk of deficiency? A United Kingdom modeling study / R. E. Allen, A. D. Dangour, A. E. Tedstone [et al.] // *American Journal of Clinical Nutrition*. – 2015. – Vol. 102, № 2. – P. 338–382. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.107409>.
31. Food fortification strategy to control micronutrient deficiencies in Tanzania / E. Towo, C. Mgoba, V. Assey [et al.] // *European Journal of Nutrition and Food Safety*. – 2015. – Vol. 5, № 5. – P. 427–428. DOI: <https://doi.org/10.9734/EJNFS/2015/20893>.
32. Iodine deficiency in Europe: A continuing public health problem / M. Andersson, B. de Benoist, I. Darnton-Hill [et al.]. – World Health Organization, 2007. – 86 p.
33. World status of monitoring of iodine deficiency disorders control programs / F. Delange, H. Burgi, Z. P. Chen [et al.] // *Thyroid*. – 2002. – Vol. 12, № 10. – P. 915–924. DOI: <https://doi.org/10.1089/105072502761016557>.
34. Kelly, F. C. Prevalence and geographical distribution of endemic goiter / F. C. Kelly, W. W. Snedden // *Bulletin of the World Health Organization*. – 1958. – Vol. 18, № 1–2. – P. 5–173.
35. Delange, F. Iodine deficiency in Europe. A continuing concern / F. Delange, J. T. Dunn, D. Glinoe. – New York : Plenum Press, 1993. – 492 p.
36. Global prevalence of iodine deficiency disorders. – World Health Organization, 1993. – 80 p.
37. Йоддефицитные заболевания щитовидной железы в Российской Федерации: современное состояние проблемы. Аналитический обзор публикаций и данных официальной государственной статистики (Росстат) / Г. А. Мельниченко, Е. А. Трошина, Н. М. Платонова [и др.] // *Consilium Medicum*. – 2019. – Т. 21, № 4. – С. 14–20.
38. Flachowsky, G. Iodine in animal nutrition and Iodine transfer from feed into food of animal origin / G. Flachowsky // *Lohmann Information*. – 2007. – Vol. 42, № 2. – P. 47–59.
39. Solovyev, N. Selenium and iodine in diabetes mellitus with a focus on the interplay and speciation of the elements / N. Solovyev, F. Vanhaecke, B. Michalke // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2019. – Vol. 56. – P. 69–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.07.005>.
40. NRT1.1B improves selenium concentrations in rice grains by facilitating selenomethionine translocation / L. Zhang, B. Hu, K. Deng [et al.] // *Plant Biotechnology Journal*. – 2019. – Vol. 17, № 6. – P. 1058–1068. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbi.13037>.
41. Wrobel, J. K. Biological activity of selenium: Revisited / J. K. Wrobel, R. Power, M. Toborek // *IUBMB Life*. – 2016. – Vol. 68, № 2. – P. 97–105. DOI: <https://doi.org/10.1002/iub.1466>.
42. Davydenko, N. I. On the possibility to grow high-selenium wheat in the Kuznetsk basin / N. I. Davydenko, L. A. Mayurnikova // *Foods and Raw Materials*. – 2014. – Vol. 2, № 1. – P. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.12737/4089>.
43. Selenium biofortification of agricultural crops and effects on plant nutrients and bioactive compounds important for human health and disease prevention – a review / R. Newman, N. Waterland, Y. Moon [et al.] // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2019. – Vol. 74, № 4. – P. 449–460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00769-z>.
44. Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population / G. Alfthan, M. Eurola, P. Ekholm [et al.] // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2015. – Vol. 31. – P. 142–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.04.009>.
45. Weekley, C. M. Which form is that? The importance of selenium speciation and metabolism in the prevention and treatment of disease / C. M. Weekley, H. H. Harris // *Chemical Society Reviews*. – 2013. – Vol. 42, № 23. – P. 8870–8894. DOI: <https://doi.org/10.1039/c3cs60272a>.
46. Selenium: A double-edged sword for defense and offence in cancer / J. Brozmanova, D. Manikova, V. Vlckova [et al.] // *Archives of Toxicology*. – 2010. – Vol. 84, № 12. – P. 919–938. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-010-0595-8>.
47. Selenomethionine: an effective selenium source for sow to improve Se distribution, antioxidant status, and growth performance of pig offspring / X. Zhan, Y. Qie, M. Wang [et al.] // *Biological Trace Element Research*. – 2011. – Vol. 142, № 3. – P. 481–491. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-010-8817-8>.

48. Supplementation with sodium selenite and selenium-enriched microalgae biomass show varying effects on blood enzymes activities, antioxidant response, and accumulation in common barbel (*Barbus barbus*) / A. Kouba, J. Velisek, A. Stara [et al.] // *BioMed Research International*. – 2014. – Vol. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/408270>.
49. Selenium in human health and disease / S. J. Fairweather-Tait, Y. Bao, M. R. Broadley [et al.] // *Antioxidants and Redox Signaling*. – 2011. – Vol. 14, № 7. – P. 1337–1383. DOI: <https://doi.org/10.1089/ars.2010.3275>.
50. Rayman, M. P. Selenium and human health / M. P. Rayman // *The Lancet*. – 2012. – Vol. 379, № 9822. – P. 1256–1268. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61452-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61452-9).
51. Щигарцова, В. В. Обогащение селеном продуктов питания / В. В. Щигарцова // *Образование и наука без границ: социально-гуманитарные науки*. – 2017. – № 6. – С. 249–252.
52. Баженова, Б. А. Паштет, обогащенный селеном / Б. А. Баженова, С. К. Бальжинимаева, М. Б. Данилов // *Пищевая промышленность*. – 2012. – № 2. – С. 12–14.
53. Цветкова, О. А. Медико-социальные аспекты железодефицитной анемии / О. А. Цветкова // *Русский медицинский журнал*. – 2009. – Т. 17, № 5. – С. 387–390.
54. Micronutrient fortification of foods. Current practices, research, and opportunities / M. Lotfi, M. G. V. Mannar, R. J. H. M. Merx [et al.]. – The Micronutrient Initiative/ International Agricultural Centre, 1996. – 118 p.
55. Guideline: fortification of rice with vitamins and minerals as a public health strategy. – Geneva : World Health Organization, 2018. – 62 p.

## References


1. Zhminchenko VM, Gapparov MMG. Modern trends of research in nutritiology and nutrition hygiene. *Problems of Nutrition*. 2015;84(1):4–14. (In Russ.).
2. World declaration and plan of action for nutrition. Rome: FAO and WHO; 1992. 50 p.
3. Food fortification: Technology and quality control. Rome: FAO; 1996. 102 p.
4. Pivina L, Semenova Yu, Dosa MD, Dauletyarova M, Bjorklund G. Iron deficiency, cognitive functions, and neurobehavioral disorders in children. *Journal of Molecular Neuroscience*. 2019;68(1):1–10. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12031-019-01276-1>.
5. Zaitseva NV, May IV, Kiryanov DA, Goryaev DV, Kleyn SV. Social and hygienic monitoring today: state and prospects in conjunction with the risk-based supervision. *Health Risk Analysis*. 2016;(4):4–16. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.4.01>.
6. Alpysbayeva ZhT. Social and hygienic monitoring of labor conditions at industrial enterprises. *Bulletin of the Karaganda University. Biology, Medicine, Geography Series*. 2019;1(93):84–88.
7. Sharuh GV. The use of social and hygienic monitoring system in solution of micronutrient deficiency (by the example of the Tyumen region). *Meditinskaya nauka i obrazovanie Urala [Medical science and education in the Urals]*. 2010;11(3)(63):153–155. (In Russ.).
8. Kodentsova VM. Food fortification of mass consumption by vitamins and minerals as a way to improve their nutritional value. *Food Industry*. 2014;(3):14–18. (In Russ.).
9. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA. Vitamin-enriched food products in nutrition of children: background, problems and prospects. *Pediatric Nutrition*. 2012;10(5):31–44. (In Russ.).
10. Vidar M. International legal frameworks for food labelling and consumer rights. In: Albert J, editor. *Innovations in food labelling*. Cambridge: Woodhead Publishing; 2009. 17–36 p.
11. Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R. Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2006. 376 p.
12. Sacco J. Food fortification policy in Canada. In: Preedy VR, Srirajakanthan R, Patel VB, editors. *Handbook of food fortification and health. From concepts to public health applications. Volume 1*. New York: Humana Press; 2013. 59–71 p. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7076-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7076-2_5).
13. Sablah M, Grant F, Fiedler JL. Food fortification in Africa: Progress to date and priorities moving forward. *Sight and Life*. 2013;27(3):18–24.
14. Zimbabwe launches national food fortification strategy [Internet]. [cited 2020 Jan 10]. Available from: <https://www.afro.who.int/news/zimbabwe-launches-national-food-fortification-strategy>.
15. Dijkhuizen MA, Wieringa FT, Soekarjo D, Van KT, Laillou A. Legal framework for food fortification: Examples from Vietnam and Indonesia. *Food and Nutrition Bulletin*. 2013;34(2):112–123.
16. Isabelle M, Chan P, Wijaya SY. Report on Regulatory status of micronutrient fortification in southeast Asia. *International Life Sciences Institute Southeast Asia Region Report Series*; 2011. 32 p.
17. Gayer J, Smith G. Micronutrient fortification of food in southeast Asia: Recommendations from an expert workshop. *Nutrients*. 2015;7(1):646–658. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7010646>.

18. Khanh NTM, Trang NT, Manh LD, Quang LH. New strain *Saccharomyces cerevisiae* A112 for the production of zinc-fortified biomass. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(4):114–120. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-4-114-120>.
19. Mayurnikova LA, Novoselov SV, Bolkhovitina EN. Formirovanie potrebitel'skikh predpochteniy k novatsionnym produktam pitaniya v regional'nykh usloviyakh [Formation of consumer preferences for innovative food products in regional conditions]. *Polzunovsky Vestnik*. 2010;(4–2):13–19. (In Russ.).
20. Kornen NN, Viktorova EP, Evdokimova OV. Methodological approaches to the creation of healthy food. *Problems of Nutrition*. 2015;84(1):95–99. (In Russ.).
21. Tretyak LN, Javkina DI. Additional requirements to quality and safety at choosing additives for food products enrichment. *Food Industry*. 2018;(5):18–21. (In Russ.).
22. Bollinedi H, Dhakane-Lad J, Gopala Krishnan S, Bhowmick PK, Prabhu KV, Singh NK, et al. Kinetics of  $\beta$ -carotene degradation under different storage conditions in transgenic Golden Rice® lines. *Food Chemistry*. 2019;278:773–779. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.121>.
23. Chandrasekar Rajendran SC, Chamlagain B, Kariluoto S, Piironen V, Saris PEJ. Biofortification of riboflavin and folate in idli batter, based on fermented cereal and pulse, by *Lactococcus lactis* N8 and *Saccharomyces boulardii* SAA655. *Journal of Applied Microbiology*. 2017;122(6):1663–1671. DOI: <https://doi.org/10.1111/jam.13453>.
24. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Risnik DV, Nikityuk DB, Tutelyan VA. Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem. *Problems of Nutrition*. 2017;86(4):113–124. (In Russ.).
25. Gerasimov GA. On WHO Guidelines “Fortification of food grade salt with iodine for the prevention and control of iodine deficiency disorders”. *Clinical and experimental thyroidology*. 2014;10(4):5–8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14341/ket201445-8>.
26. Trichina VV, Mayurnikova LA, Novoselov SV. The integrated method of development of specialized products for the correction of nutrition of personnel working in hazardous conditions. *Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2015;3(4):94–106. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14529/food150413>.
27. Ethgen O, Hiligsmann M, Burette N, Reginster J-Y. Cost-effectiveness of personalized supplementation with vitamin D-rich dairy products in the prevention of osteoporotic fractures. *Osteoporosis International*. 2016;27(1):301–308. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00198-015-3319-3>.
28. Hiligsmann M, Burette N, Fardellone P, Al-Daghri N, Reginster J. Public health impact and economic evaluation of vitamin D-fortified dairy products for fracture prevention in France. *Osteoporosis International*. 2017;28(3):833–840. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00198-016-3786-1>.
29. Sandmann A, Amling M, Barvencik F, König H-H, Bleibler F. Economic evaluation of vitamin D and calcium food fortification for fracture prevention in Germany. *Public Health Nutrition*. 2017;20(10):1874–1883. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1368980015003171>.
30. Allen RE, Dangour AD, Tedstone AE, Chalabi Z. Does fortification of staple foods improve vitamin D intakes and status of groups at risk of deficiency? A United Kingdom modeling study. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2015;102(2):338–382. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.115.107409>.
31. Towo E, Mgoba C, Assey V, Kaishozi G. Food fortification strategy to control micronutrient deficiencies in Tanzania. *European Journal of Nutrition and Food Safety*. 2015;5(5):427–428. DOI: <https://doi.org/10.9734/EJNFS/2015/20893>.
32. Andersson M, de Benoist B, Darnton-Hill I, Delange F. Iodine deficiency in Europe: A continuing public health problem. *World Health Organization*; 2007. 86 p.
33. Delange F, Burgi H, Chen ZP, Dunn JT. World status of monitoring of iodine deficiency disorders control programs. *Thyroid*. 2002;12(10):915–924. DOI: <https://doi.org/10.1089/105072502761016557>.
34. Kelly FC, Snedden WW. Prevalence and geographical distribution of endemic goitre. *Bulletin of the World Health Organization*. 1958;18(1–2):5–173.
35. Delange F, Dunn JT, Glinioer D. Iodine deficiency in Europe. A continuing concern. New York: Plenum Press; 1993. 492 p.
36. Global prevalence of iodine deficiency disorders. *World Health Organization*; 1993. 80 p.
37. Melnichenko GA, Troshina EA, Platonova NM, Panfilova EA, Rybakova AA, Abdulkhabirova FM, et al. Iodine deficiency thyroid disease in the Russian Federation: the current state of the problem. Analytical review of publications and data of official state statistics (Rosstat). *Consilium Medicum*. 2019;21(4):14–20 (In Russ.).
38. Flachowsky G. Iodine in animal nutrition and Iodine transfer from feed into food of animal origin. *Lohmann Information*. 2007;42(2):47–59.
39. Solovyev N, Vanhaecke F, Michalke B. Selenium and iodine in diabetes mellitus with a focus on the interplay and speciation of the elements. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2019;56:69–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.07.005>.
40. Zhang L, Hu B, Deng K, Gao X, Sun G, Zhang Z, et al. NRT1.1B improves selenium concentrations in rice grains by facilitating selenomethionine translocation. *Plant Biotechnology Journal*. 2019;17(6):1058–1068. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbi.13037>.
41. Wrobel JK, Power R, Toborek M. Biological activity of selenium: Revisited. *IUBMB Life*. 2016;68(2):97–105. DOI: <https://doi.org/10.1002/iub.1466>.


42. Davydenko NI, Mayurnikova LA. On the possibility to grow high-selenium wheat in the Kuznetsk basin. *Foods and Raw Materials*. 2014;2(1):3–10. DOI: <https://doi.org/10.12737/4089>.
43. Newman R, Waterland N, Moon Y, Tou JC. Selenium biofortification of agricultural crops and effects on plant nutrients and bioactive compounds important for human health and disease prevention – a review. *Plant Foods for Human Nutrition*. 2019;74(4):449–460. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00769-z>.
44. Alftan G, Eurola M, Ekholm P, Venalainen E-R, Root T, Korkalainen K, et al. Effects of nationwide addition of selenium to fertilizers on foods, and animal and human health in Finland: From deficiency to optimal selenium status of the population. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2015;31:142–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2014.04.009>.
45. Weekley CM, Harris HH. Which form is that? The importance of selenium speciation and metabolism in the prevention and treatment of disease. *Chemical Society Reviews*. 2013;42(23):8870–8894. DOI: <https://doi.org/10.1039/c3cs60272a>.
46. Brozmanova J, Manikova D, Vlckova V, Chovanec M. Selenium: a double-edged sword for defense and offence in cancer. *Archives of Toxicology*. 2010;84(12):919–938. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-010-0595-8>.
47. Zhan X, Qie Y, Wang M, Li X, Zhao R. Selenomethionine: an effective selenium source for sow to improve Se distribution, antioxidant status, and growth performance of pig offspring. *Biological Trace Element Research*. 2011;142(3):481–491. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-010-8817-8>.
48. Kouba A, Velisek J, Stara A, Masojidek J, Kozak P. Supplementation with sodium selenite and selenium-enriched microalgae biomass show varying effects on blood enzymes activities, antioxidant response, and accumulation in common barbel (*Barbus barbus*). *BioMed Research International*. 2014;2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/408270>.
49. Fairweather-Tait SJ, Bao Y, Broadley MR, Collings R, Ford D, Hesketh JE, et al. Selenium in human health and disease. *Antioxidants and Redox Signaling*. 2011;14(7):1337–1383. DOI: <https://doi.org/10.1089/ars.2010.3275>.
50. Rayman MP. Selenium and human health. *The Lancet*. 2012;379(9822):1256–1268. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61452-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61452-9).
51. Shchigartsova VV. Foodstuffs enrichment with selenium. *Obrazovanie i nauka bez granits: sotsial'no-gumanitarnye nauki [Education and science without borders: social sciences and humanities]*. 2017;(6):249–252. (In Russ.).
52. Bazhenova BA, Balzhinimaeva SK, Danilov MB. Selenium enriched pate. *Food Industry*. 2012;(2):12–14. (In Russ.).
53. Tsvetkova OA. Mediko-sotsial'nye aspekty zhelezodefitsitnoy anemii [Medical and social aspects of iron deficiency anemia]. *Russian Medical Journal*. 2009;17(5):387–390. (In Russ.).
54. Lotfi M, Mannar MG, Merx RJHM, Naber-van den Heuvel P. Micronutrient fortification of foods. Current practices, research, and opportunities. *The Micronutrient Initiative/ International Agricultural Centre*; 1996. 118 p.
55. Guideline: fortification of rice with vitamins and minerals as a public health strategy. Geneva: World Health Organization; 2018. 62 p.

#### Сведения об авторах


##### Маюрникова Лариса Александровна

д-р. техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: nir30@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-4592-8382>

##### Кокшаров Аркадий Андреевич


канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: koksharov.arkadiy@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-2782-5833>

##### Крапива Татьяна Валерьевна


канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: t.krapiva@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-9441-8744>

#### Information about the authors


##### Larisa A. Mayurnikova

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: nir30@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0003-4592-8382>

##### Arkadiy A. Koksharov


Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: (3842) 39-68-56, e-mail: koksharov.arkadiy@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-2782-5833>

##### Tatyana V. Krapiva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology and Organization of Public Catering, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: t.krapiva@mail.ru  
 <https://orcid.org/0000-0002-9441-8744>


**Новоселов Сергей Владимирович**

д-р. техн. наук, доцент, профессор кафедры механики и инноватики, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 46, тел.: +7 (906) 942-49-15, e-mail: novoselov\_sv@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8247-2356>

**Sergey V. Novoselov**

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Mechanics and Innovation, Polzunov Altai State Technical Unoversity, 46, Lenina Ave., Barnaul, 656038, Russia, phone: +7 (906) 942-49-15, e-mail: novoselov\_sv@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8247-2356>

## Дрожжи – продуценты глутатиона

Т. В. Меледина<sup>1</sup>, А. А. Морозов<sup>1,\*</sup>, С. Г. Давыденко<sup>2</sup>, Г. В. Терновской<sup>3</sup>



<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,  
197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

<sup>2</sup> ООО «Пивоваренная компания «Балтика»,  
194292, Россия, Санкт-Петербург, 6 Верхний пер., 3

<sup>3</sup> ООО «РУСХЛЕБ»,  
197350, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Лётчика Паршина, 5

Дата поступления в редакцию: 31.10.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: [artemamor@mail.ru](mailto:artemamor@mail.ru)



© Т. В. Меледина, А. А. Морозов, С. Г. Давыденко, Г. В. Терновской, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Дрожжи – быстрорастущие одноклеточные организмы, а также недорогой источник различных биологически активных веществ, включая глутатион (GSH) – один из важных антиоксидантов. Антиоксидантные свойства обуславливаются наличием сульфгидрильной группы. Мировая потребность в глутатионе по оценкам экспертов в 2019 году превысит 9 млрд. долларов США за счет продажи не только чистого кристаллизованного глутатиона, но и дрожжевых экстрактов, обогащенных глутатионом. В статье проведен анализ отечественных и зарубежных исследований по содержанию глутатиона в дрожжах, способах его биосинтеза и антиоксидантных свойствах.

**Результаты и их обсуждение.** В диких штаммах дрожжей содержание глутатиона колеблется от 0,1 до 1 % на абсолютно сухую биомассу (АСБ). В основе ферментативного способа накопления глутатиона лежат оптимизация питательной среды и использование прекурсоров глутатиона (цистеина, глутаминовой кислоты и глицина). Применение данного способа в определенных условиях культивирования позволяет двукратно увеличить содержание внутриклеточного глутатиона. Использование методов ненаправленного мутагенеза способно увеличить синтез глутатиона до 5 % в отдельных мутантных штаммах, хотя механизм синтеза в таких условиях не всегда полностью понятен. Однако при направленном изменении генома образуется, например, 2,27 % глутатиона на АСБ. Кроме того, уровень глутатиона в клетках возрастает под действием некоторых физических факторов. Например, при воздействии на дрожжи магнитного поля наблюдается повышение биосинтеза глутатиона на 39 %.

**Выводы.** В результате проведенного обзора литературы в статье продемонстрировано влияние технологических характеристик культивирования, а также биотехнологических свойств дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на процесс накопления глутатиона.

**Ключевые слова.** Грибы, *Saccharomyces cerevisiae*, олигопептиды, культивирование, антиоксидантная активность

**Для цитирования:** Дрожжи – продуценты глутатиона / Т. В. Меледина, А. А. Морозов, С. Г. Давыденко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 140–148. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-140-148>.

Review article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Yeasts as a Glutathione Producer

T.V. Meledina<sup>1</sup>, A.A. Morozov<sup>1,\*</sup>, S.G. Davydenko<sup>2</sup>, G.V. Ternovskoy<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ITMO University,  
49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia

<sup>2</sup> LLC Baltika Breweries,  
3, 6 Verkhnij Lane, St. Petersburg, 194292, Russia

<sup>3</sup> LLC RusHleb,  
5, Lyotchika Parshina Str., St. Petersburg, 197350, Russia

Received: October 31, 2019  
Accepted: March 03, 2020

\*e-mail: [artemamor@mail.ru](mailto:artemamor@mail.ru)



© T.V. Meledina, A.A. Morozov, S.G. Davydenko, G.V. Ternovskoy, 2020

## Abstract.

**Introduction.** Yeast is a fast-growing single-celled microorganism and an inexpensive source of various biologically active substances, such as antioxidants, e.g. Glutathione (GSH). Antioxidant properties are determined by the presence of sulfhydryl group. The global demand for glutathione is estimated to exceed 9 billion USD at the expense not only of pure crystalized glutathione, but also of glutathione-enriched yeast extracts. In the food industry, glutathione is used to improve the quality of the dough and enhance the taste of various products. The present research featured domestic and foreign studies on the content of glutathione in yeast, methods of biosynthesis, and antioxidant properties.

**Results and discussion.** The content of glutathione ranges from 0.1 to 1% per completely dry biomass (CDB) in wild yeast strains. The fermentative method for the accumulation of glutathione is based on the optimization of the nutrient medium and the use of glutathione precursors, i.e. cysteine, glutamic acid, and glycine. Thus, this method makes it possible to double the content of intracellular glutathione in certain cultivation conditions. The use of non-directed mutagenesis methods can increase glutathione synthesis up to 5% in separate mutant strains, although the mechanism of synthesis is not always clear under such conditions. However, up to 2.27% of glutathione is being formed under directed change of the genome. In addition, the level of glutathione in cells increases under the influence of certain physical factors. For example, glutathione biosynthesis increases by 39% if yeast is exposed to a magnetic field. The enzymatic method requires maintaining the following factors: the presence of precursors (L-glutamic acid, L-cysteine, glycine), ATP, Mg<sup>2+</sup> ions to activate GSH1 and GSH2, the pH of the medium, and the introduction of the necessary enzymes into the bioreactor. However, this method is non-economically profitable in large scale productions due to the needs in use ATP.

**Conclusion.** The survey research demonstrated the effect of technological characteristics of cultivation and biotechnological properties of *Saccharomyces cerevisiae* on the accumulation of glutathione.

**Keywords.** Fungi, *Saccharomyces cerevisiae*, oligopeptides, cultivation, antioxidative activity

**For citation:** Meledina TV, Morozov AA, Davydenko SG, Ternovskoy GV. Yeasts as a Glutathione Producer. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):140–148. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-140-148>.

## Введение

В течение последних десятилетий особый исследовательский интерес вызывают дрожжи. Они содержат множество ценных питательных веществ как для человека, так и для животных. Дрожжевые автолизаты являются своеобразными концентратами водорастворимых компонентов дрожжей, полученных при самолизисе дрожжевой клетки. В состав таких автолизатов входят аминокислоты, пептиды, углеводы и минеральные вещества. Автолизаты активно применяются в пищевой промышленности как вкусоароматические добавки в различных категориях продуктов и питании животных. Дрожжевые автолизаты считаются перспективными стимуляторами роста растений за счет содержания в них различных ростовых соединений (тиамин, рибофлавин, никотиновая кислота, пиридоксин и другие витамины группы В), цитокинов и многих других питательных веществ [1]. По данным С.-Л. Чанг и Т.-Н. Као, применение спиртовых экстрактов остаточных пивных дрожжей на модельных животных позволяет бороться с ожирением, уменьшать уровень триглицеридов в печени и сыворотки крови, повышать антиоксидантную активность в печени [2].

К сожалению, существует недостаток литературных данных касающихся антиоксидантной активности дрожжевых автолизатов, которая формируется за счет глутатиона.

Открытие глутатиона связывают с исследованием J. de Rey-Paihade (1888 г.), в ходе которого он был получен из дрожжевого экстракта, а также животных тканей. Тогда соединение получило название «филотион» (philothion) [3]. Предполагалось, что «филотион» является дипептидом, образованным

из цистеина и глутамина. Свое название глутатион получил в 1921 г. благодаря исследованиям Ф. Г. Хопкинса [3]. В 1927 году обнаружилось, что глутатион не дипептид, а трипептид. Однако не был идентифицирован содержащийся в нем глицин. Только в 1929 г. удалось доказать, что третьей аминокислотой, входящей в состав трипептида, является глицин [4].

В течение полувека глутатион был обнаружен во всех клетках животных, растений, микроорганизмов в миллимолярных концентрациях [3, 5, 6]. В литературе имеются данные о содержании глутатиона в некоторых свежих фруктах и овощах. Также есть сведения о деградации глутатиона в процессе термической обработки [7].

Из-за своих физиологических свойств глутатион широко применяется в фармакологии, пищевой промышленности и в косметических продуктах для обеспечения, к примеру, защиты против окислительного разрушения. По оценкам экспертов, мировое ежегодное производство чистого кристаллизованного глутатиона и дрожжевых экстрактов (15 % GSH), обогащенных глутатионом, превышает 200 и 800 тонн соответственно. Ожидается, что в 2019 году объем продаж превысит 9 млрд. долларов США [32].

В пищевой промышленности глутатион используется для улучшения качества теста, усиления вкуса «кокуми», предотвращения окрашивания продуктов, вызванного аминокарбонильной реакцией при нагревании сахаров с аминокислотами. В настоящее время очищенный глутатион также применяется в медицине в борьбе с раковыми заболеваниями [5]. Дрожжи-сахаромицеты являются дешевым источником этого соединения [8].

### Объекты и методы исследования

Объектами исследования служили научные публикации, посвященные вопросам увеличения содержания глутатиона в дрожжевых клетках вида *Saccharomyces cerevisiae*. Основным методом исследований стал сравнительный анализ данных отечественных и зарубежных ученых по содержанию глутатиона и методам его накопления в дрожжах.

### Результаты и их обсуждение

**Синтез и деградация глутатиона.** Глутатион образуется посредством двух ферментативных реакций в цитозоле:

Синтез  $\gamma$ -Глу-Цис из аминокислот *L*-цистеина и *L*-глутаминовой кислоты, катализируемой  $\gamma$ -глутамилцистеин синтетазой,  $\gamma$ -GCS (кодируется геном *GSH1*), для функционирования которого необходимо присутствие ионов  $Mg^{2+}$  или  $Mn^{2+}$  [9, 10]. В *S. cerevisiae* ген *GSH1*, содержащий 2034 спаренных оснований (base pair), кодирует Gsh1p из 678 аминокислотных остатков;

Синтез глутатиона из  $\gamma$ -Глу-Цис и глицина катализируется глутатион синтетазой (*L*- $\gamma$ -глутамилцистеин-глицин  $\gamma$ -лигазой) (кодируется *GSH2*) [11].

Большая часть глутатиона остается в цитозоле, но некоторая часть обнаруживается в таких органеллах, как митохондрии, ядре, эндоплазматическом ретикулуме и вакуолях.

При чрезмерном накоплении глутатиона происходит ингибирование  $\gamma$ -GCS. В организме человека недостаток глутатион-синтетазы вызывает чрезмерное накопление  $\gamma$ -глутамилцистеина, который переходит в 5-оксипролин (пироглутаминовая кислота), что может вызвать метаболический ацидоз, гемолитическую анемию и поражение центральной нервной системы [10].

Обе стадии являются АТФ-зависимыми. В синтез глутатиона вовлечены два транскрипционных фактора Met4p и Yap1p [6].

Известно, что многие организмы и при отсутствии Gsh1 и Gsh2 способны производить глутатион, что предполагает наличие других путей синтеза. Недавно в бактериях был обнаружен единственный бифункциональный фермент  $\gamma$ -глутамилцистеин синтетеза/глутатион синтетеза ( $\gamma$ -GCS-GS или GshF, кодируемая *gshF*), способный осуществлять синтез глутатиона [37].

Деградация глутатиона происходит под действием  $\gamma$ -глутамилтранспептидазы ( $\gamma$ -ГТ, Cis2, Ecm38), являющейся единственным ферментом, разрушающим глутатион за счет переноса  $\gamma$ -глутамильной группы глутатиона и других соединений с данной функциональной группы до образования аминокислот [33].

Предполагается, что конечной ступенью деградации глутатиона является действие *L*-цистеинил-глицин-дипептидазы (Dug1), катализи-

рующей распад *L*-цистеинил-глицина до соответствующих аминокислот.

Экспрессия гена *CIS2* регулируется источником азота. В присутствии ионов аммония происходила репрессия гена *CIS2*. Следует отметить, что при азотном голодании происходит индуцирование  $\gamma$ -ГТ. Для восполнения потребности в азоте происходит релокация более 90% глутатиона в центральную вакуоль. То же происходит и в том случае, если глутатион является единственным источником серы [6].

Обобщенная схема синтеза и деградации глутатиона представлена на рисунке 1, где в качестве источника серы для синтеза глутатиона может служить метионин, цистеин, гомоцистеин. Также глутатион может быть включен в клетку непосредственно из внеклеточного пространства за счет высокоаффинного переносчика GSH-P<sub>1</sub> и низкоаффинного переносчика GSH-P<sub>2</sub>.

В клетке глутатион обычно представлен восстановленной (GSH, более 90 %) и окисленной

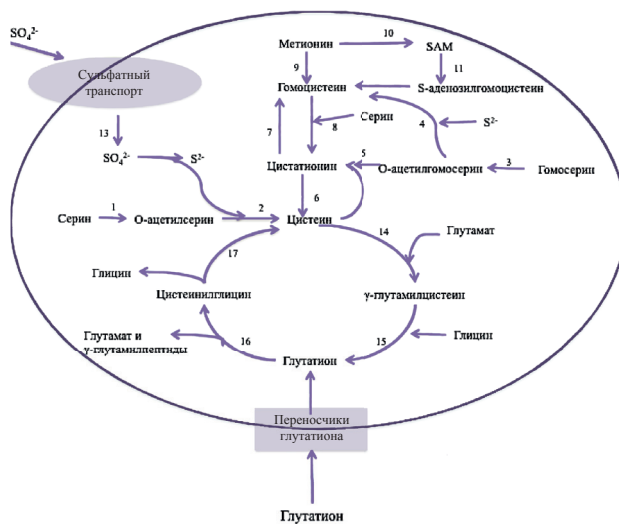


Рисунок 1. Схема синтеза и деградации глутатиона:

- 1) серин ацетилтрансфераза; 2) цистеин синтаза;
- 3) гомосерин ацетилтрансфераза; 4) гомоцистеин синтаза;
- 5)  $\gamma$ -цистатионин синтаза; 6)  $\gamma$ -цистатионаза;
- 7)  $\beta$ -цистатионаза; 8)  $\beta$ -цистатионин синтаза;
- 9) гомоцистеин метилтрансфераза; 10) S-аденозилметионин синтаза; 11) S-аденозилметионин деметилаза;
- 12) аденозилгомоцистеиназа; 13) сульфатредуцирование;
- 14)  $\gamma$ -глутамилцистеин синтаза; 15) глутатион синтаза;
- 16)  $\gamma$ -глутамилтранспептидаза;
- 17) *L*-цистеинил глицин дипептидаза [6]

Figure 1. Scheme of the synthesis and degradation of glutathione:

- 1) serine acetyltransferase; 2) cysteine synthase;
- 3) homoserine acetyltransferase; 4) homocysteine synthase;
- 5)  $\gamma$ -cystathionine synthase; 6)  $\gamma$ -cystathionase;
- 7)  $\beta$ -cystathionase; 8)  $\beta$ -cystathionine synthase; 9) homocysteine methyltransferase;
- 10) S-adenosylmethionine synthase; 11) S-adenosylmethionine demethylase; 12) adenosyl homocysteinease; 13) sulfate reduction;
- 14)  $\gamma$ -glutamine cysteine synthase; 15) glutathione synthase;
- 16)  $\gamma$ -glutamyltranspeptidase; 17) *L*-cysteinyl glycine dipeptidase [6]



(GSSG, около 10 %) формами. Окисление GSH приводит к образованию GSSG, который может быть восстановлен в присутствии НАДФН(H<sup>+</sup>) под действием глутатион редуктазы, кодируемой *GLR1* [12].

*Дрожжи как продуценты глутатиона.* Известны различные способы биосинтеза глутатиона [8]. В основе одного из способов (энзиматический с применением ферментов) лежит поддержание следующих факторов: наличие прекурсоров (*L*-глутаминовой кислоты, *L*-цистеина, глицина), АТФ, ионов Mg<sup>2+</sup> для активации *GSH1* и *GSH2*, pH среды, а также внесение в биореактор необходимых ферментов. Для протекания процесса оптимальными являются температура 30–35 °С и pH 7,3–7,5 [39]. Необходимость применения АТФ делает энзиматический способ более сложным для масштабирования из-за экономической нецелесообразности. Низкая активность *GSH1* и *GSH2* является лимитирующим фактором в биосинтезе глутатиона, что потребовало применения методов генной инженерии.

Альтернативным и наиболее часто используемым методом является ферментативный способ с применением различных микроорганизмов, в основном *S. cerevisiae* и *Candida utilis*, из-за их способности к быстрому росту и образованию высоких концентраций клеток в среде.

Дикие штаммы *S. cerevisiae* содержат от 0,1 до 1 % глутатиона на сухую биомассу. В пивоваренных дрожжах уровень глутатиона колеблется от 0,6 до 1,0 % [15]. Применение различных мутантных штаммов позволяет увеличить содержание до 3–5 %. Наиболее высоким содержанием глутатиона является 9,5 % [13].

Применяются различные пути накопления глутатиона в дрожжах: использование мутагенных штаммов с высокой накопительной способностью к глутатиону, внесение аминокислот-прекурсоров [23, 34].

Преимуществами ферментативного метода получения глутатиона является получение более высоких концентраций – до 9 г/л [32]. Использование различных углеводов-содержащих субстратов является наиболее изученным и применимым, в отличие от использования прекурсоров, удорожающих готовый продукт.

Рассматривалось влияние источников азота на синтез глутатиона дрожжами. Сульфат аммония, являясь источником как азота, так и серы, необходим для увеличения плотности биомассы и образования глутатиона [23].

Немаловажным фактором при производстве глутатиона является не только оптимизация питательной среды, включая добавление различных источников питательных веществ, но и, к примеру, момент добавления прекурсоров [19–22]. Хоть сахара и являются основным субстратом (как источник углерода), применение *L*-цистеина является

ключевым в производстве глутатиона [13]. Наличие цистеина значительно увеличивает внутриклеточную концентрацию глутатиона [35].

Добавление цистеина в экспоненциальную фазу замедляет рост клеток за счет появления эффекта Кребтра из-за того, что образование этанола ведет к подавлению цикла трикарбоновых кислот. Внесение *L*-цистеина в стационарную фазу положительно сказывается на содержании глутатиона (1,76 % на СВ) [23]. Имеет значение также и дозировка внесения *L*-цистеина [24].

W. Li и др. предлагают применять двухступенчатую реакцию, при которой на первой ступени добавляют необходимые прекурсоры, за исключением глицина, для образования только  $\gamma$ -глутамилцистеина. На второй ступени (через 7,5 часов от начала культивирования) добавляют глицин для образования глутатиона [14]. Приведенные данные позволяют судить о том, что применение двухступенчатой реакции повышает выход глутатиона почти в 2 раза, в сравнении с одноступенчатой, при которой 3 аминокислоты-прекурсоры добавляются одновременно [14].

Следующей важной особенностью является контроль концентрации этанола. В эксперименте S. Wen с соавторами показано, что в условиях введения в среду прекурсоров и при низкой концентрации спирта (0,08–0,65 %) происходит большее накопление глутатиона дрожжами и биомассы – 2190 мг/л и 133 г/л соответственно [36].

При сверхэкспрессии *GSH1/GLR1* происходит двукратное увеличение содержания внутриклеточного глутатиона и более высокое образование этанола, чем у диких штаммов: 14 г/л и 8,2 г/л соответственно [16].

Для получения мутантных штаммов применяются физический и химический методы мутагенеза: УФ, X- и  $\gamma$ -излучения, метилнитронитрозогуанидин и др. Главной проблемой случайных мутаций является непредсказуемость и неконтролируемость.

G. M. Hamad и др. получили мутацию дрожжей *S. cerevisiae* посредством использования этилметансульфоната [17]. Один из мутантных штаммов (MG40/S.C/4) был способен производить в 49 раз больше глутатиона по сравнению с исходным штаммом.

Z.-Y. Wang с соавторами показал, что самоклонирование пивоваренных дрожжей приводит к 1,9-кратному увеличению содержания глутатиона в штамме T5-3. Содержание глутатиона наблюдалось как внутри клетки, так и в культуральной жидкости [18].

В исследовании L. Tang и др. рекомбинантный штамм W303-1b/FGP способен накопить 2,27 % внутриклеточного глутатиона после 24 ч брожения [37]. Особенностью данного штамма служит применение

метода независимой или комбинаторной генетической интеграции, где два искусственно рекомбинантных фермента GSH2/GSH1 *S. cerevisiae*, гибрид Pro1/GSHB *S. cerevisiae* и *E. coli* и ресинтезированный GSHF *Actinobacillus pleuro-pneumoniae* были введены в геном *S. cerevisiae*.

Применение различных физико-химических методов также позволяет влиять на выход глутатиона (например, воздействие магнитных полей). Так, L. O. Santos и др., воздействуя магнитным полем на штамм *S. cerevisiae* ATCC 7754, добились увеличения содержания глутатиона на 39 % по сравнению с необработанными дрожжевыми клетками [25].

Также отмечается, что при хранении как сухих, так и пресованных дрожжей, происходит увеличение содержания глутатиона в зависимости от сроков хранения [26, 27].

**Антиоксидантная роль глутатиона.** Окислительный стресс – неизбежная часть жизни в аэробных условиях. Потребность в кислороде приводит к образованию активных форм кислорода (АФК). Увеличение окислительного стресса в клетке приводит к изменению/повреждению различных веществ клетки. Это приводит к нарушению функциональной способности и гибели клетки [10, 28].

В обычных условиях АФК и активные формы азота (АФА) участвуют в редокс-сигналинге, регулирующих активность важных для клетки белков, жизненно важных процессов (рост, клеточные циклы, апоптоз) [29]. Процессы редокс-сигналинга могут протекать во всех участках клетки, вовлекая различные редокс-пары. Интересующей нас парой является пара GSH/GSSG [38].

Главным функциональным элементом в молекуле глутатиона является остаток аминокислоты цистеина, имеющей реакционноспособную сульфгидрильную группу (тиольную группу). При переходе из восстановленной формы в окисленную глутатион подвергается S-глутатионированию – процесс образования дисульфидной связи между остатками цистеина белка и молекулы GSH. Данный процесс позволяет защитить клетку от окислительного стресса [30].

Важным моментом является обратимость окисления остатков цистеина. Катализатором реакция тиол-

дисульфидного обмена *in vivo* являются специализированные белки – глутаредоксины. Незначительные изменения в тиол-дисульфидном равновесии могут привести к гибели клетки, поэтому для отражения общего редокс-статуса клетки используют соотношение GSSG/2GSH, которое составляет для клетки 1 к 100, изменяясь при различных процессах.

В митохондриальном матриксе *S. cerevisiae* редокс-потенциал равен –296 мВ, в цитоплазме равен –286 мВ, а в эндоплазматическом ретикулуме от –190 до –170 мВ, что соответствует соотношению GSSG/2GSH приблизительно 1/1–1/3 [31].

Кроме поддержания редокс-статуса, глутатион служит субстратом глутатионпероксидаз, участвуя тем самым в регуляции работы антиоксидантных систем клетки. Глутатионпероксидазы осуществляют реакцию восстановления перекиси водорода.

### Выводы

В результате проведенного обзора литературы показано влияние технологических характеристик культивирования, а также биотехнологических свойств дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на процесс накопления глутатиона.

### Критерии авторства

Т. В. Меледина, А. А. Морозов, С. Г. Давыденко, Г. В. Терновской внесли равнозначный вклад в структуру обзорного исследования, анализ литературных данных и их представление.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

### Contribution

The authors equally contributed to the structure of the present survey research, scientific data analysis, and information representation.

### Conflict of interest

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

### Список литературы

1. The stimulatory effects of Tryptophan and yeast on yield and nutrient status of Wheat plants (*Triticum aestivum*) grown in newly reclaimed soil / F. M. Manal, A. T. Thalooth, R. E. Y. Essa [et al.] // Middle East Journal of Agriculture Research. – 2018. – Vol. 7, № 1. – P. 27–33.
2. Chang, C.-L. Antiobesity effect of brewer's yeast biomass in animal model / C.-L. Chang, T.-H. Kao // Journal of Functional Foods. – 2019. – Vol. 55. – P. 255–262. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.02.027>.
3. Wu, G. Amino Acids: Biochemistry and Nutrition / G. Wu. – New York : CRC Press, 2013. – P. 140–150.
4. Alanazi, A. M. Chapter two – glutathione / A. M. Alanazi, G. A. E. Mostafa, A. A. Al-Badr // Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology. – 2015. – Vol. 40. – P. 43–158. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.podrm.2015.02.001>.
5. Enrichment of cookies with glutathione by inactive yeast cells (*Saccharomyces cerevisiae*): Physicochemical and functional properties / S. Oztürk, I. Cerit, S. Mutlu [et al.] // Journal of Cereal Science. – 2017. – Vol. 78. – P. 19–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.06.019>.

6. Penninckx, M. J. An overview on glutathione in *Saccharomyces* versus non-conventional yeasts / M. J. Penninckx // FEMS Yeast Research. – 2002. – Vol. 2, № 3. – P. 295–305. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1567-1356\(02\)00081-8](https://doi.org/10.1016/S1567-1356(02)00081-8).
7. Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger / O. A. Gümüşay, A. A. Borazan, N. Ercal [et al.] // Food Chemistry. – 2015. – Vol. 173. – P. 156–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.162>.
8. Identification and characterization of genes involved in glutathione production in yeast / T. Suzuki, A. Yokoyama, T. Tsuji [et al.] // Journal of Bioscience and Bioengineering. – 2011. – Vol. 112, № 2. – P. 107–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2011.04.007>.
9. Кулаева, О. А. Анализ изменения экспрессии генов, кодирующих ключевые ферменты детоксикации кадмия в симбиотических клубеньках гороха / О. А. Кулаева, В. Е. Цыганов // Экологическая генетика. – 2014. – Т. 12, № 2. – С. 13–22.
10. Lu, S. C. Regulation of glutathione synthesis / S. C. Lu // Molecular Aspects of Medicine. – 2009. – Vol. 30, № 1–2. – P. 42–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2008.05.005>.
11. Никитин, А. В. Роль ферментативной активности в формировании окислительного стресса у больных бронхиальной астмой. (обзор литературы) / А. В. Никитин, М. А. Золотарева // Вестник новых медицинских технологий. – 2013. – Т. 20, № 2. – С. 165–169.
12. Lu, S. C. Glutathione synthesis / S. C. Lu // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – General Subjects. – 2013. – Vol. 1830, № 5. – P. 3143–3153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2012.09.008>.
13. Li, Y. Glutathione: a review on biotechnological production / Y. Li, G. Wei, J. Chen // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2004. – Vol. 66, № 3. – P. 233–242. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1751-y>.
14. Li, W. Enzymatic synthesis of glutathione using yeast cells in two-stage reaction / W. Li, Z. Li, Q. Ye // Bioprocess and Biosystems Engineering. – 2010. – Vol. 33, № 6. – P. 675–682. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00449-009-0361-6>.
15. Annemüller, G. The yeast in the brewery. Management. Pure yeast cultures. Propagation / G. Annemüller, H.-J. Manger, P. Lietz // Berlin : VLB Berlin, 2011. – 440 p.
16. Engineering glutathione biosynthesis of *Saccharomyces cerevisiae* increases robustness to inhibitors in pretreated lignocellulosic materials / M. Ask, V. Mapelli, H. Höck [et al.] // Microbial Cell Factories. – 2013. – Vol. 12, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2859-12-87>.
17. Enhancement of the glutathione production by mutated yeast strains and its potential as food supplement and preservative / G. M. Hamad, T. H. Taha, A. M. Alshehri [et al.] // 2018. – Vol. 13, № 1. – P. 28–36. DOI: <https://doi.org/10.3923/jm.2018.28.36>.
18. Construction of self-cloning industrial brewing yeast with high-glutathione and low-diacetyl production / Z.-Y. Wang, X.-P. He, N. Liu [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. – 2008. – Vol. 4, № 6. – P. 989–994. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01546.x>.
19. Nanofiltration concentration of extracellular glutathione produced by engineered *Saccharomyces cerevisiae* / K. Sasaki, K. Y. Hara, H. Kawaguchi [et al.] // Journal of Bioscience and Bioengineering. – 2016. – Vol. 121, № 1. – P. 96–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.05.013>.
20. Glutathione production from mannan-based bioresource by mannanase/mannosidase expressing *Saccharomyces cerevisiae* / A. Prima, K. Y. Hara, A. C. Djohan [et al.] // Bioresource Technology. – 2017. – Vol. 245. – P. 1400–1406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.190>.
21. Anschau, A. A cost effective fermentative production of glutathione by *Saccharomyces cerevisiae* with cane molasses and glycerol / A. Anschau, L. O. dos Santos, R. M. Alegre // Brazilian Archives of Biology and Technology. – 2013. – Vol. 56, № 5. – P. 849–857. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132013000500017>.
22. Optimal fermentation conditions for enhanced glutathione production by *Saccharomyces cerevisiae* FF-8 / J.-Y. Cha, J.-C. Park, B.-S. Jeon [et al.] // Journal of Microbiology. – 2004. – Vol. 42, № 1. – P. 51–55.
23. Medium optimization based on yeast's elemental composition for glutathione production in *Saccharomyces cerevisiae* / M. Schmacht, E. Lorenz, U. Stahl [et al.] // Journal of Bioscience and Bioengineering. – 2017. – Vol. 123, № 5. – P. 555–561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2016.12.011>.
24. Musatti, A. Post-fermentative production of glutathione by baker's yeast (*S. cerevisiae*) in compressed and dried forms / A. Musatti, M. Manzoni, M. Rollini // New Biotechnology. – 2013. – Vol. 30, № 2. – P. 219–226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2012.05.024>.
25. Effects of magnetic fields on biomass and glutathione production by the yeast *Saccharomyces cerevisiae* / L. O. Santos, R. M. Alegre, C. Garcia-Diego [et al.] // Process Biochemistry. – 2010. – Vol. 45, № 8. – P. 1362–1367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.008>.
26. Шарипов, К. О. Изучение содержания глутатиона в дрожжах *Saccharomyces cerevisiae* при хранении / К. О. Шарипов, Н. Н. Скворцова, А. Б. Арыкбаева // Вестник КазНМУ. – 2017. – № 3. – С. 217–219.
27. Скворцова, Н. Н. Влияние длительного замораживания на содержание тиоловых веществ и протеолитическую активность хлебопекарных дрожжей / Н. Н. Скворцова, А. Г. Шлейкин, А. Б. Арыкбаева // Вестник международной академии холода. – 2018. – № 3 – С. 62–66. DOI: <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2018-17-3-62-66>.
28. Смирнов, Л. П. Роль глутатиона в функционировании систем антиоксидантной защиты и биотрансформации (обзор) / Л. П. Смирнов, И. В. Суховская // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2014. – Т. 143, № 6. – С. 34–40.

29. Couto, N. The role of glutathione reductase and related enzymes on cellular redox homeostasis network / N. Couto, J. Wood, J. Barber // *Free Radical Biology and Medicine*. – 2016. – Vol. 95. – P. 27–42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.028>.
30. Билан, Д. С. Генетически кодируемые флуоресцентные сенсоры окислительно-восстановительных процессов в живых системах: дис. ... канд. биол. наук: 03.01.03 / Билан Дмитрий Сергеевич. – М., 2014. – 127 с.
31. Основные редокс-пары клетки / Д. С. Билан, А. Г. Шохина, С. А. Лукьянов [и др.] // *Биоорганическая химия*. – 2015. – Т. 41, № 4. – С. 385–402. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0132342315040041>.
32. Kurylenko, O. O. Glutathione metabolism in yeasts and construction of the advanced producers of this tripeptide / O. O. Kurylenko, K. V. Dmytruk, A. Sibirny // *Non-conventional yeasts: from basic research to application* / A. Sibirny. – Cham : Springer, 2019. – P. 153–196. DOI: [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-21110-3\\_6](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-21110-3_6).
33. Kumar, C. Utilization of glutathione as an exogenous sulfur source is independent of  $\gamma$ -glutamyl transpeptidase in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*: evidence for an alternative glutathione degradation pathway / C. Kumar, R. Sharma, A. K. Bachhawat // *FEMS Microbiology Letters*. – 2003. – Vol. 219, № 2. – P. 187–194. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(03\)00059-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(03)00059-4).
34. Schmachl, M. Microbial production of glutathione / M. Schmachl, E. Lorenz, M. Senz // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. – 2017. – Vol. 33, № 6. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2277-7>.
35. Wang, Z. Effect of amino acids addition and feedback control strategies on the high-cell-density cultivation of *Saccharomyces cerevisiae* for glutathione production / Z. Wang, T. Tan, J. Song // *Process Biochemistry*. – 2007. – Vol. 42, № 1. – P. 108–111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2006.07.008>.
36. Wen, S. Maximizing production of glutathione by amino acid modulation and high-cell-density fed-batch culture of *Saccharomyces cerevisiae* / S. Wen, T. Zhang, T. Tan // *Process Biochemistry*. – 2006. – Vol. 41, № 12. – P. 2424–2428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2006.06.030>.
37. Three-pathway combination for glutathione biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae* / L. Tang, W. Wang, W. Zhou [et al.] // *Microbial Cell Factories*. – 2015. – Vol. 14, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12934-015-0327-0>.
38. Луцак, В. И. Окислительный стресс у дрожжей / В. И. Луцак // *Биохимия*. – 2010. – Т. 75, № 3. – С. 346–364.
39. Kerti, O. Molecular mechanisms controlling intracellular glutathione levels in baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* and a random mutagenized glutathione over-accumulating isolate / O. Kerti. – Tallinn : Tallinn University of Technology, 2012. – 108 p.

## References

1. Manal FM, Thalooth AT, Essa REY, Mirvat EG. The stimulatory effects of Tryptophan and yeast on yield and nutrient status of Wheat plants (*Triticum aestivum*) grown in newly reclaimed soil. *Middle East Journal of Agriculture Research*. 2018;7(1):27–33.
2. Chang C-L, Kao T-H. Antiobesity effect of brewer's yeast biomass in animal model. *Journal of Functional Foods*. 2019;55:255–262. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.02.027>.
3. Wu G. *Amino Acids: Biochemistry and Nutrition*. New York: CRC Press; 2013. pp. 140–150.
4. Alanazi AM, Mostafa GAE, Al-Badr AA. Chapter two – glutathione. Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology. 2015;40:43–158. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.podrm.2015.02.001>.
5. Oztürk S, Cerit I, Mutlu S, Demirkol O. Enrichment of cookies with glutathione by inactive yeast cells (*Saccharomyces cerevisiae*): Physicochemical and functional properties. *Journal of Cereal Science*. 2017;78:19–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.06.019>.
6. Penninckx MJ. An overview on glutathione in *Saccharomyces* versus non-conventional yeasts. *FEMS Yeast Research*. 2002;2(3):295–305. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1567-1356\(02\)00081-8](https://doi.org/10.1016/S1567-1356(02)00081-8).
7. Gümüşay OA, Borazan AA, Ercal N, Demirkol O. Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food Chemistry*. 2015;173:156–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.162>.
8. Suzuki T, Yokoyama A, Tsuji T, Ikeshima E, Nakashima K, Ikushima S, et al. Identification and characterization of genes involved in glutathione production in yeast. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2011;112(2):107–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2011.04.007>.
9. Kulaeva OA, Tsyganov VYe. Gene expression analysis of genes coding key enzymes of cadmium detoxification in garden pea symbiotic nodules. *Ekologicheskaya Genetika*. 2014;12(2):13–22. (In Russ.).
10. Lu SC. Regulation of glutathione synthesis. *Molecular Aspects of Medicine*. 2009;30(1–2):42–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2008.05.005>.
11. Nikitin AV, Zolotareva MA. The role of the enzyme activity in formation of oxidative stress in the patients with bronchial asthma (review). *Journal of New Medical Technologies*. 2013;20(2):165–169. (In Russ.).
12. Lu SC. Glutathione synthesis. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – General Subjects*. 2013;1830(5):3143–3153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2012.09.008>.
13. Li Y, Wei G, Chen J. Glutathione: a review on biotechnological production. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2004;66(3):233–242. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1751-y>.

14. Li W, Li Z, Ye Q. Enzymatic synthesis of glutathione using yeast cells in two-stage reaction. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 2010;33(6):675–682. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00449-009-0361-6>.
15. Annemüller G, Manger H-J, Lietz P. The yeast in the brewery. Management. Pure yeast cultures. Propagation. Berlin: VLB Berlin; 2011. 440 p.
16. Ask M, Mapelli V, Höck H, Olsson L, Bettiga M. Engineering glutathione biosynthesis of *Saccharomyces cerevisiae* increases robustness to inhibitors in pretreated lignocellulosic materials. *Microbial Cell Factories*. 2013;12(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2859-12-87>.
17. Hamad GM, Taha TH, Alshehri AM, Hafez EE. Enhancement of the glutathione production by mutated yeast strains and its potential as food supplement and preservative. 2018;13(1):28–36. DOI: <https://doi.org/10.3923/jm.2018.28.36>.
18. Wang Z-Y, He X-P, Liu N, Zhang B-R. Construction of self-cloning industrial brewing yeast with high-glutathione and low-diacetyl production. *International Journal of Food Science and Technology*. 2008;4(6):989–994. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01546.x>.
19. Sasaki K, Hara KY, Kawaguchi H, Sazuka T, Ogino C, Kondo A. Nanofiltration concentration of extracellular glutathione produced by engineered *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2016;121(1):96–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.05.013>.
20. Prima A, Hara KY, Djohan AC, Kashiwagi N, Kahar P, Ishii J, et al. Glutathione production from mannan-based bioresource by mannanase/mannosidase expressing *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresource Technology*. 2017;245:1400–1406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.190>.
21. Anschau A, dos Santos LO, Alegre RM. A cost effective fermentative production of glutathione by *Saccharomyces cerevisiae* with cane molasses and glycerol. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2013;56(5):849–857. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132013000500017>.
22. Cha J-Y, Park J-C, Jeon B-S, Lee Y-C, Cho Y-S. Optimal Fermentation Conditions for Enhanced Glutathione Production by *Saccharomyces cerevisiae* FF-8. *Journal of Microbiology*. 2004;42(1):51–55.
23. Schmach M, Lorenz E, Stahl U, Senz M. Medium optimization based on yeast's elemental composition for glutathione production in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 2017;123(5):555–561. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2016.12.011>.
24. Musatti A, Manzoni M, Rollini M. Post-fermentative production of glutathione by baker's yeast (*S. cerevisiae*) in compressed and dried forms. *New Biotechnology*. 2013;30(2):219–226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2012.05.024>.
25. Santos LO, Alegre RM, Garcia-Diego C, Cuellar J. Effects of magnetic fields on biomass and glutathione production by the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochemistry*. 2010;45(8):1362–1367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.008>.
26. Sharipov KO, Skvortsova NN, Arykbayeva AB. The study of the content of glutathione in the yeast *Saccharomyces cerevisiae* during storage. *Vestnik KazNMU*. 2017;(3):217–219. (In Russ.).
27. Skvortsova NN, Shleikin AG, Arykbayeva AB. The effect of prolonged freezing on the content of thiol substances and proteolytic activity of yeast. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2018;(3):62–66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17586/1606-4313-2018-17-3-62-66>.
28. Smirnov LP, Sukhovskaya IV. Glutathione role in antioxidant protection and in functioning of biotransformation system. *Proceedings of Petrozavodsk State University*. 2014;143(6):34–40. (In Russ.).
29. Couto N, Wood J, Barber J. The role of glutathione reductase and related enzymes on cellular redox homeostasis network. *Free Radical Biology and Medicine*. 2016;95:27–42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.028>.
30. Bilan DS. Geneticheski kodiruemye fluoressentnye sensory okislitel'no-vosstanovitel'nykh protsessov v zhivykh sistemakh [Genetically encoded fluorescence sensors of redox processes in living systems]. Cand. bio. sci. diss. Moscow: Shemyakin and Ovchinnikov Institute of Bioorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences; 2014. 127 p.
31. Bilan DS, Shokhina AG, Lukyanov SA, Belousov VV. Main cellular redox couples. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*. 2015;41(4):385–402. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0132342315040041>.
32. Kurylenko OO, Dmytruk KV, Sibirny A. Glutathione metabolism in yeasts and construction of the advanced producers of this tripeptide. In: Sibirny A, editor. *Non-conventional yeasts: from basic research to application*. Cham: Springer; 2019. pp. 153–196. DOI: [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-21110-3\\_6](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-030-21110-3_6).
33. Kumar C, Sharma R, Bachhawat AK. Utilization of glutathione as an exogenous sulfur source is independent of  $\gamma$ -glutamyl transpeptidase in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*: evidence for an alternative glutathione degradation pathway. *FEMS Microbiology Letters*. 2003;219(2):187–194. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1097\(03\)00059-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1097(03)00059-4).
34. Schmach M, Lorenz E, Senz M. Microbial production of glutathione. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2017;33(6). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2277-7>.
35. Wang Z, Tan T, Song J. Effect of amino acids addition and feedback control strategies on the high-cell-density cultivation of *Saccharomyces cerevisiae* for glutathione production. *Process Biochemistry*. 2007;42(1):108–111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2006.07.008>.
36. Wen S, Zhang T, Tan T. Maximizing production of glutathione by amino acid modulation and high-cell-density fed-batch culture of *Saccharomyces cerevisiae*. *Process Biochemistry*. 2006;41(12):2424–2428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2006.06.030>.

37. Tang L, Wang W, Zhou W, Cheng K, Yang Y, Liu M, et al. Three-pathway combination for glutathione biosynthesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbial Cell Factories*. 2015;14(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12934-015-0327-0>.

38. Lushchak VI. Oxidative stress in yeast. *Biochemistry*. 2010;75(3):346–364. (In Russ.).

39. Kerti O. Molecular mechanisms controlling intracellular glutathione levels in baker's yeast *Saccharomyces cerevisiae* and a random mutagenized glutathione over-accumulating isolate. Tallinn: Tallinn University of Technology; 2012. 108 p.

#### Сведения об авторах

##### Меледина Татьяна Викторовна

д-р техн. наук, профессор факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, тел.: +7 (981) 892-49-76, e-mail: [tatiana.meledina@yandex.ru](mailto:tatiana.meledina@yandex.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-7485-2802>

##### Морозов Артём Александрович

аспирант факультета пищевых биотехнологий и инженерии, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», 197101, Россия, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, тел.: +7 (965) 026-59-03, e-mail: [artemamor@mail.ru](mailto:artemamor@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-5970-4606>

##### Давыденко Светлана Геннадьевна

канд. биол. наук, руководитель направления развития биотехнологических процессов, ООО «Пивоваренная компания «Балтика», 194292, Россия, Санкт-Петербург, 6 Верхний пер., 3, тел.: +7 (812) 323-97-62, e-mail: [Davydenko@baltika.com](mailto:Davydenko@baltika.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8005-4743>

##### Терновской Григорий Валерьевич

канд. техн. наук, генеральный директор, ООО «РУСХЛЕБ», 197350, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Лётчика Паршина, 5, тел.: +7 (911) 297-25-35, e-mail: [grigoriy.ternovskoy@ruhleb.ru](mailto:grigoriy.ternovskoy@ruhleb.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-8313-2030>

#### Information about the authors

##### Tatiana V. Meledina

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, ITMO University, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: +7 (981) 892-49-76, e-mail: [tatiana.meledina@yandex.ru](mailto:tatiana.meledina@yandex.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-7485-2802>

##### Artyom A. Morozov

Postgraduate Student of the Faculty of Food Biotechnology and Engineering, ITMO University, 49, Kronverksky Ave., St. Petersburg, 197101, Russia, phone: +7 (965) 026-59-03, e-mail: [artemamor@mail.ru](mailto:artemamor@mail.ru)

<https://orcid.org/0000-0002-5970-4606>

##### Svetlana G. Davydenko

Cand.Sci.(Bio.), Biotech Development and Research Manager, LLC Baltika Breweries, 3, 6 Verkhnij Lane, St. Petersburg, 194292, Russia, phone: +7 (812) 323-97-62, e-mail: [Davydenko@baltika.com](mailto:Davydenko@baltika.com)

<https://orcid.org/0000-0001-8005-4743>

##### Grigoriy V. Ternovskoy

Cand.Sci.(Eng.), General Manager, LLC RusHleb, 5, Lyotchika Parshina Str., St. Petersburg, 197350, Russia, phone: +7 (911) 297-25-35, e-mail: [grigoriy.ternovskoy@ruhleb.ru](mailto:grigoriy.ternovskoy@ruhleb.ru)

<https://orcid.org/0000-0001-8313-2030>

## Изучение структурно-механических характеристик ферментированных взбитых молочных продуктов



Т. В. Подлегаева\*<sup>ORCID</sup>, Н. Г. Костина<sup>ORCID</sup>

Дата поступления в редакцию: 30.01.2020  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

\*e-mail: [tpodlegaeva@yandex.ru](mailto:tpodlegaeva@yandex.ru)



© Т. В. Подлегаева, Н. Г. Костина, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Нарастающие объемы производства и острая нехватка животных сычугов привели к новым производствам ферментных препаратов растительного и микробиального происхождения. Эти ферменты имеют высокую протеолитическую активность и проявляют хорошие технологические свойства при производстве многих молочных продуктов. Целью работы является изучение пенообразующей способности и устойчивости пены восстановленного обезжиренного молока, подвергнутого ферментативному гидролизу препаратами животного и микробиального происхождения.

**Объекты и методы исследования.** Образцы ферментированного восстановленного обезжиренного молока: сычужный фермент ВНИИМС-СГ-50 «НТ» (Россия), курино-говяжий фермент КГ-50 (Россия), пепсин говяжий (Россия); Fromase 750 (Франция), Pronase E (Россия); рекомбинатный химозин – препарат СНУ-МАХ М (Chr. Hansen, Дания). В образцах восстановленного сухого молока органолептические и физико-химические показатели определяли по общепринятым стандартным методикам. В ферментированных системах определяли пенообразующую способность методом кратности пен, устойчивость пены определяли по отношению высоты столба пены к первоначальному объему. Относительное содержание свободных аминокислот выявляли методом формольного титрования. Диаметр мицелл казеина в процессе гидролиза определяли методом динамического светорассеяния на анализаторе размеров частиц в низкообъемных пластиковых кюветках. Данные показатели в ферментированных системах определяли после инактивации ферментов способом пастеризации при температуре 90–92 °С в течение 3–5 сек.

**Результаты и их обсуждение.** Определили оптимальные параметры ферментации: температуру (37 °С) и продолжительность (60 мин). Наибольшие пенообразующие свойства были отмечены у молочной системы, ферментированной ферментом СНУ-МАХ М продолжительностью 30 мин – 800 %. Высокой пенообразующей способностью и относительно устойчивой взбитой массой характеризовалось молоко, обработанное ферментами микробиальной природы Fromase 750 и Pronase E. При оптимальных параметрах ферментации, выявленных в ходе работы, пенообразующая способность составила 740 и 700 % соответственно. При этом устойчивость находилась на уровне 80 %. Наименьшими значениями пенообразующей способности обладало молоко, ферментированное препаратами животного происхождения – СГ-50, КГ-50 и пепсином: 555, 650 и 580 % соответственно.

**Выводы.** Полученная ферментированная молочная основа может использоваться для производства широкого спектра взбитых продуктов на основе восстановленного обезжиренного молока.

**Ключевые слова.** Ферментативный гидролиз, восстановленное молоко, пенообразующая способность, микробиальные ферменты, ферменты животного происхождения, устойчивость пены

**Для цитирования:** Подлегаева, Т. В. Изучение структурно-механических характеристик ферментированных взбитых молочных продуктов / Т. В. Подлегаева, Н. Г. Костина // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 149–158. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-149-158>.

Original article

Available online at <http://fppt.ru/eng>

## Structural and Mechanical Characteristics of Fermented Whipped Dairy Products

T.V. Podlegaeva\*<sup>ORCID</sup>, N.G. Kostina<sup>ORCID</sup>

Received: January 30, 2020  
Accepted: March 03, 2020

Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

\*e-mail: [tpodlegaeva@yandex.ru](mailto:tpodlegaeva@yandex.ru)



## Abstract.

**Introduction.** Whipped dairy products can be used both as finished and semi-finished products in confectionery industry. Therefore, this sphere constantly requires new technologies. A wide range of additives, stabilizers, and structure-forming agents make it possible to get products with programmed sensory, structural, and mechanical properties. Enzymatic processing of milk base is one of the modern directions in the development of whipping process, as it requires no artificial components. Enzyme preparations of plant and microbial origin were developed to satisfy the needs of the increasing production demand and to compensate for the acute shortage of animal rennet. These enzymes have a high proteolytic activity and exhibit good technological properties in dairy industry. The research objective was to study the fermentation process with preparations of different origin and optimize the proteolysis process to obtain a milk base with a high foaming capacity and maximal stability.

**Study objects and methods.** The research featured samples of fermented reduced skim milk. The following enzymes were selected for enzymatic hydrolysis: animal origin – rennet-beef enzyme SG-50 (Russia), chicken-beef enzyme KG-50 (Russia), pepsin (Russia); microbial nature – Fromase 750 (France), Pronase E (Russia); recombinant chymosin-preparation CHY-MAX M (Denmark). The fermented systems were tested for foaming ability, foam stability, relative content of free amino acids, and the diameter of casein micelles during hydrolysis by the ratio of the height of the foam column to the initial volume. The relative content of free amino acids was determined using the method of formal titration. The diameter of casein micelles during hydrolysis was determined by dynamic light scattering using a particle size analyzer in low-volume plastic cuvettes. These indicators were determined after inactivation of enzymes by pasteurization at 90–92°C for 3–5 sec.

**Results and discussion.** Enzyme preparations of various natures were added to milk. The temperature and duration were measured as rational parameters of fermentation. After inactivation of the enzymes by pasteurization method, the foaming capacity, foam stability, and the relative content of free amino acids were determined every 30 minutes after application of the preparation. The greatest foaming properties (800%) were observed in the milk base fermented with the recombinant enzyme CHY-MAX M. However, the use of this preparation in commercial production was found undesirable due to the high activity of the enzyme and the resulting complexity of the control process. The lowest foaming ability was observed in the milk sample fermented with preparations of animal origin – SG-50, KG-50, and pepsin. The optimal foaming capacity and stable whipped mass were registered in the samples hydrolyzed with microbial preparations Fromase and Pronase. Under certain rational parameters, the foaming capacity of milk was 740% and 700%, respectively, while the stability was 80%.

**Conclusion.** The research featured a comparative analysis of the foaming capacity and stability of reduced skim milk foam obtained using preparations of animal and microbial origin. The enzymes of the microbial group showed the best results for the enzymatic hydrolysis of proteins in reduced milk.

**Keywords.** Enzymatic hydrolysis, reduced milk, foaming capacity, microbial enzymes, animal enzymes, foam stability

**For citation:** Podlegaeva TV, Kostina NG. Structural and Mechanical Characteristics of Fermented Whipped Dairy Products. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):149–158. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-149-158>.

## Введение

Важной задачей агропромышленного комплекса является полное и рациональное использование продовольственного сырья, а также разработка ассортимента продукции, максимально удовлетворяющего требованиям потребителей. В молочной промышленности для повышения эффективности использования сырьевых ресурсов используют полную комплексную переработку молочного сырья и увеличение производства продукции на основе сухого молока. Преимуществом данного вида сырья перед цельным молоком является концентрирование полезных веществ. Кроме того, сухое молоко хранится значительно дольше, чем цельное, без потери своих пищевых и технологических свойств.

Актуальным остается разработка технологии взбитых дисперсных молочных продуктов, которые используются как в качестве самостоятельных продуктов в виде молочных десертов или холодных напитков, например молочных коктейлей, так и в качестве отделочных полуфабрикатов в производстве кондитерских изделий. Широкий диапазон добавок, стабилизаторов и структурообразователей

позволяет получить продукцию с заданными органолептическими и структурно-механическими свойствами.

В качестве пищевого пенообразователя, в том числе и в молочной промышленности, используются эмульгаторы, которые позволяют создать равномерную диффузию газообразной среды в жидкости (молоке). Ассортимент таких поверхностно-активных веществ довольно широк – полиоксиэтилены, сорбитаны, лактилаты кальция или натрия и др. Современным направлением повышения качественных характеристик молочной основы без использования искусственных компонентов является ферментативная обработка. Проведенные ранее исследования показали, что биологическая обработка молочных продуктов (молоко, сыворотка) позволяет повысить способность молока к пенообразованию. Это является одним из основных показателей качества при производстве взбитых продуктов [1–3]. Данные работы отражали повышение пенообразующей способности молочной основы, подвергнутой ферментации.



Таблица 1. Характеристика протеолитических ферментов

Table 1. Profiles of proteolytic enzymes

Наименование фермента	Состав/производитель	Активность препарата	Оптимальный диапазон pH	Температура, °C	Действие
Ферменты животного происхождения					
Курино-говяжий фермент (КГ-50)	Пепсин говяжий 50 %, пепсин куриный 50 %	100 000 ± 20 000 ед.	4,0–6,0	28–40	гидролиз $\chi$ -казеинов направлен на связи, включающие фенилаланин или лейцин, гидролиз $\alpha$ - и $\beta$ -казеинов
Сычужно-говяжий фермент СГ-50	Химозин 50 %, пепсин говяжий 50 %	150000 ± 1000 ед.	4,0–6,0	28–40	
Пепсин	100 % пепсин	100000 ± 5000 ед.	4,0–6,0	28–40	
Ферменты микробного происхождения					
Fromase750 (Фромаза)	<i>Mucor miehei</i>	2200 IMCU/г	5,5–7,0	20–40	расщепление определенных пептидных связей: фен-вал, лей-тир, фен-фен или фен-тир
Pronase E	<i>Streptomyces griseus</i> K-1	5,0 DMC-U / мг	7–8,2	35–40	расщепление пептидных связей на карбоксильной стороне глутаминовой или аспарагиновой кислоты
Ферменты рекомбинатные					
CHY-MAX M	Химозин 100 %, <i>Aspergillus niger</i> var. <i>Awamori</i>	2500 UMCU/г	5,5–6,3	36–40	расщепление полипептидных цепей к-казеина по связи 105–106 (фен-мет)

Протеолитические ферменты, используемые в молочной промышленности для производства и моделирования качества продукции, делятся на ферменты животного, растительного и микробного происхождения. Традиционно для концентрирования казеиновой и жировой части молочной основы при производстве продукции применяются ферменты животного происхождения, в частности сычужный фермент (химозин).

Однако нарастающие объемы производства, дорогостоящее сырье для производства натуральных ферментов и острая нехватка животных сычужков привели к выработке новых ферментных препаратов. В настоящее время все большей популярностью пользуются ферменты, которые вырабатывают в процессе своей жизнедеятельности некоторые виды плесневых грибов – микробные ферменты [4–8].

В современных условиях микроорганизмы являются перспективным источником получения ферментов. Эти ферменты имеют высокую протеолитическую активность и проявляют хорошие технологические свойства при производстве многих молочных продуктов. В качестве продуцентов ферментных препаратов используются культуры представителей различных таксономических групп – бактерий, актиномицетов, микроскопических и высших базидиальных грибов, участвующих в круговороте органических веществ. Промышленно налажено применение как природных штаммов микроорганизмов, выделенных из естественных объектов, так и полученных искусственной селекцией с применением мутагенов. В настоящее время промышленное производство

ферментов данной группы является важным сектором биотехнологии. Широкое распространение получили ферментные препараты на основе рекомбинатного химозина.

Для исследований были выбраны ферментные препараты различного происхождения. Характеристика препаратов представлена в таблице 1.

Цель работы – изучение пенообразующей способности и устойчивости пены восстановленного обезжиренного молока, подвергнутого ферментативному гидролизу препаратами животного и микробного происхождения, в качестве основы для производства десертных молочных продуктов.

#### Объекты и методы исследования

Для исследования использовали образцы восстановленного обезжиренного молока (ГОСТ 10970-87), подвергнутые ферментативному гидролизу, а также полученную из них пену.

Для проведения ферментативного гидролиза использовали ферменты животного происхождения: сычужный фермент ВНИИМС-СГ-50 «НТ» (Россия), курино-говяжий фермент КГ-50 (Россия), пепсин говяжий (Россия); микробальной природы: Fromase 750 (Франция), Pronase E (Россия); рекомбинатный химозин – препарат CHY-MAX M (Chr. Hansen, Дания).

Органолептические и физико-химические показатели для сухого и восстановленного молока определяли по общепринятым стандартным методикам. Органолептические – по ГОСТ 29245-91, массовую долю жира – по ГОСТ 29247-91, массовую долю белка – по ГОСТ 23621-79.

Образцы сухого обезжиренного коровьего молока (м.д.ж. 1,5 %, м.д.б. – 32 %) восстанавливали дистиллированной водой в соотношении 1:6, оставляли для созревания в течение 3 ч при температуре 6–8 °С (данные параметры были определены как рациональные) [9].

Ферменты в различных концентрациях вносили в подготовленное молоко, термостатировали, используя переменные температурные и временные режимы. Инактивацию ферментов проводили пастеризацией при температуре 90–92 °С в течение 3–5 сек. Эксперименты проводили на восстановленной молочной основе без добавления хлорида кальция. Кислотность молока составила не более 20 °Т.

Для эксперимента были выбраны температурные режимы  $33 \pm 1$  °С,  $37 \pm 1$  °С,  $41 \pm 1$  °С,  $45 \pm 1$  °С.

Проведенные исследования показали, что наиболее рациональными концентрациями всех вносимых ферментных препаратов являлась 0,001 % к массе молока [2]. Именно с такой концентрацией проводили дальнейшие эксперименты.

Пенообразующую способность полученной основы после пастеризации определяли каждые 30 мин после внесения фермента, охладив их до температуры  $0 \pm 1$  °С. Пену получали после взбивания ферментированной молочной основы на роторно-пульсационной установке ГИД-100/1 (Россия) в течение 5 мин при скорости вращения ротора 2250 об/мин. Коэффициенте заполнения рабочей камеры – 0,3.

Пенообразующую способность (%) определяли методом кратности пен – путем деления высоты столба пены после взбивания к начальному объему:

$$П = (V_p/V_0)100 \quad (1)$$

где  $V_p$  – объем образовавшейся пены, см;  $V_0$  – исходный объем жидкости, см.

Устойчивость взбитой массы (У, %) определяли по отношению высоты столба пены после заданного периода времени (30 мин) к начальному:

$$У = (V_{30}/V_0)100 \quad (2)$$

где  $V_{30}$  – объем пены после 30 мин, см;  $V_0$  – исходный объем пены, см.

С целью разработки объективных характеристик степени ферментативного гидролиза считали целесообразным установить возможность количественной оценки продуктов распада белков. Было определено относительное содержание свободных аминокислот, а также изменение диаметра мицелл казеина. Результат определяли как среднеарифметическое по результатам трех экспериментов. Исследования проводили для всех образцов при различных температурных режимах и продолжительности реакции.

Содержание аминных групп определяли методом формольного титрования по ГОСТ 25179-90. Метод основан на высвобождении карбоксильных

групп моноаминодикарбоновых кислот белков, доступных для титрования щелочью, при добавлении в молоко формальдегида (формалина). Формалин, взаимодействуя с аминокислотными группами белков, блокирует их. Карбоксильные группы освобождаются и становятся доступными для титрования NaOH. Данный показатель определяли в ферментированном молоке до пастеризации, т. к. под воздействием высокой температуры происходят сложные конформационные изменения белковых молекул и результаты искажаются.

Измерения диаметра мицелл казеина производили методом динамического светорассеяния на анализаторе размеров частиц в низкообъемных пластиковых кюветах по ГОСТ Р 8.774–2011.

### Результаты и их обсуждение

В ходе эксперимента были получены образцы ферментированной молочной основы. Определяющими показателями при оценке и выборе препаратов для получения ферментированной основы стали пенообразующая способность молока и устойчивость пены после обработки. Основными критериями выбора послужили быстрота и относительная дешевизна метода при использовании в производственных условиях. Также учитывалась и высокая воспроизводимость результатов и разрешающая способность. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

При ферментации происходят биохимические изменения казеина и физико-химические процессы коагуляции и структурообразования. Анализ данных показал, что наибольшей пенообразующей способностью обладает молоко, ферментированное рекомбинатным ферментом СНУ-МАХ М. Способность к пенообразованию у гидролизованных белков выросла в 1,6 раза по сравнению с контрольным образцом восстановленного молока (800 %). Данный показатель характерен для молочной смеси, ферментированной в течение 30 мин при рекомендованной для действия фермента температуре 33–37 °С. После указанного времени молочные белки начинают агрегировать, что противоречит начальным условиям настоящего эксперимента. По этой причине невозможно использовать фермент данной группы в подготовке молока как основы для десертов или коктейлей, т. к. сложно контролировать ход технологического процесса. Кроме того, изменение качества исходного сырья, например, повышение кислотности, провоцирует ускорение процесса. Дальнейшие исследования по уменьшению концентрации данного фермента до 0,0005 % незначительно сократили время ферментации до появления сгустка. Но при этом снизилась пенообразующая способность, ее максимум составил 680 %.

Использование ферментов микробиальной группы обозначило высокий показатель пенообразующей

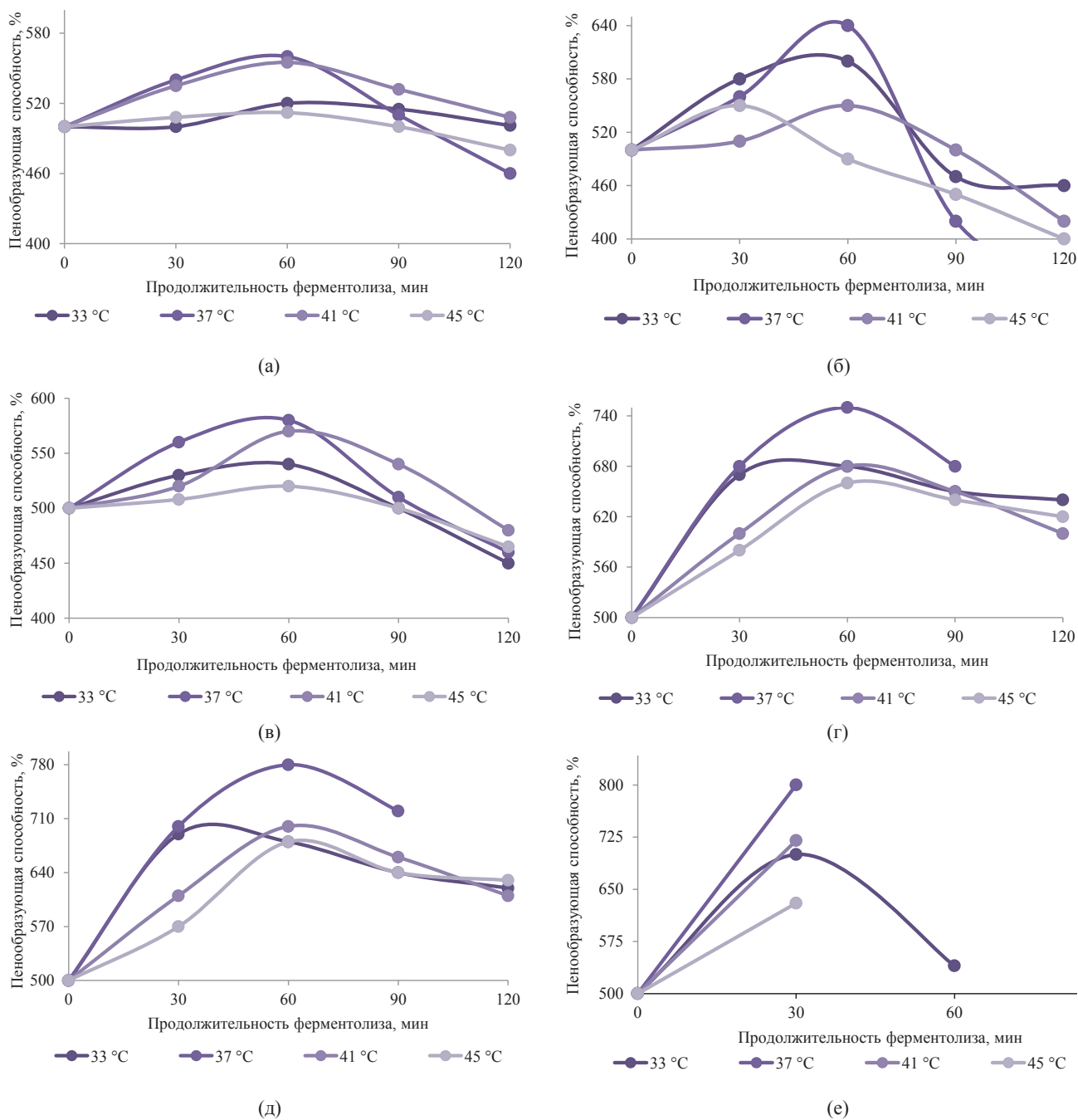


Рисунок 1. Влияние на пенообразующую способность выдержки восстановленного молока с ферментами: (а) сычужно-говяжий фермент СГ-50; (б) курино-говяжий фермент КГ-50; (в) пепсин; (г) Fromase 750; (д) Pronase E; (е) CHY-MAX

Figure 1. Effect of enzymes on foaming ability: (a) rennet-beef enzyme SG-50; (б) chicken and beef enzyme KG-50; (в) pepsin; (г) Fromase 750; (д) Pronase E; (е) CHY-MAX

способности восстановленного молока, гидролизованного ими. Максимальные значения выявлены при температуре 37 °С. По сравнению с контрольным образцом увеличение при ферментации Pronase E составило 780 %, Fromase 750 – около 740 %. При указанной температуре происходит более активное воздействие фермента на мицеллы казеина. Такие показатели наблюдались после 60 мин после

внесения препарата, продолжение ферментации до 90 мин привело к белковой коагуляции. Увеличение температуры обработки до 41–45 °С исключило образование сгустка вплоть до 120 мин. Однако это негативно сказалось на качестве молочной пены. При таких повышенных температурах наблюдается ослабление специфической коллоидно-химической структуры. В результате снижается каталитическая

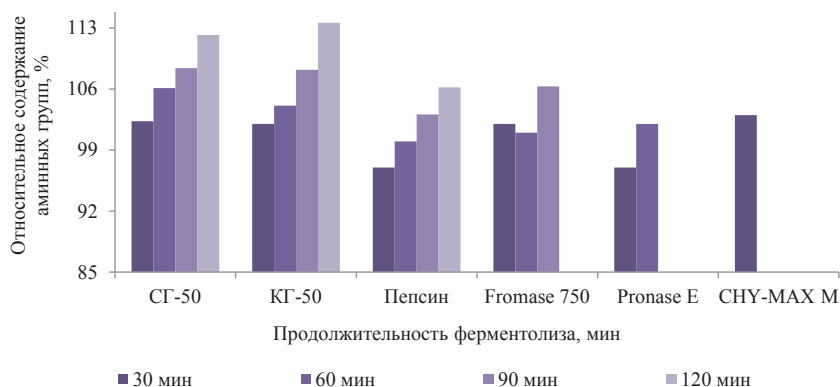


Рисунок 2. Влияние ферментов на изменение относительного содержания аминных групп восстановленного молока (содержание в неферментированном образце принято за 100 %)

Figure 2. Effect of enzymes on the relative content of amine groups in reduced milk. The content in the unfermented sample is taken for 100%

активность ферментов, накопление продуктов распада макромолекул приводят к снижению пенообразующей способности. Можно считать, что продолжительность ферментативного гидролиза в пределах 60 мин при температуре  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  является рациональной и приемлемой.

Наименьшей пенообразующей способностью обладает молоко, обработанное ферментами животного происхождения. У СГ-50 пенный столб увеличился всего в 1,12 раза, у КГ-50 – в 1,3 раза, у пепсина – в 1,16 раза. При этом на протяжении всей обработки агрегация молекул белка не наблюдалась. Эти факторы говорят о невысокой протеолитической активности ферментов данной группы по сравнению с ферментами микробиальной и рекомбинантной группы.

С целью разработки объективных характеристик степени ферментативного гидролиза было определено относительное содержание свободных аминокислот и изменение диаметра мицелл казеина. Обобщенные данные эксперимента при оптимальной температуре  $37^\circ\text{C}$  и концентрации фермента 0,001 % представлены на рисунке 2. Содержание свободных аминокислот в контрольном образце (молочной системе, не подвергнутой ферментативному гидролизу), принято за 100 %.

Данные, представленные на рисунке 2, позволили установить, что в результате ферментативного гидролиза относительное количество аминных групп постепенно увеличивается (в среднем прирост составил 0,5–12,6 %). В результате действия сычужного фермента, который в большей степени атакует  $\alpha$ -казеин и медленно/почти не атакует  $\beta$ -казеин, происходит неглубокий распад казеина с образованием высокомолекулярных полипептидов и пептидов. Процесс накопления свободных аминокислот происходит постепенно. В некоторых случаях количество свободных аминокислот на начальном этапе процесса снижается – это можно наблюдать у молочной основы, ферментированной пепсином и Pronase E. Вероятно, в данном случае,

кроме специфического гидролиза, имеет место быть неспецифичная ферментация с блокировкой аминных групп в результате фермент-субстратного взаимодействия и образования макропептидов. В результате расщепления ферментом пептидных связей казеинаткальцийфосфатного комплекса атакуется часть молекулы белка к-казеина по связи между фрагментами номер 105 и 106, после которой и следует макропептид. Результат – последний отсоединяется от белковой молекулы.

Максимальная пенообразующая способность и устойчивость дисперсной системы наблюдается при незначительном накоплении свободных аминокислот. Это происходит как при использовании ферментов животного происхождения, так и микробиальных. Накопление продуктов распада снижает образование межфазных пенных структур.

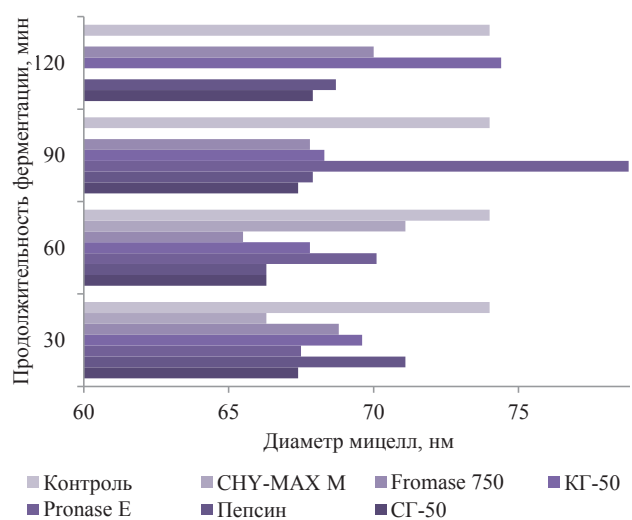


Рисунок 3. Динамика изменения диаметра мицелл казеина под действием ферментов

Figure 3. Effect of enzymes on casein micelle diameter: dynamic pattern

Таблица 2. Влияние ферментов на устойчивость пены из восстановленного молока при оптимальных параметрах

Table 2. Effect of enzymes on the stability of the foam in reduced milk at optimal parameters

Наименование фермента	Концентрация, %	Рациональная температура, °С	Продолжительность ферментации, мин	Пенообразующая способность, %	Устойчивость пены ( $x \pm m$ , $m \leq 0,05$ ), %	
					контроль	исследуемый образец
Сычужно-говяжий фермент СГ-50	0,001	37	60	555	72	67
Курино-говяжий фермент (КГ-50)	0,001	37	60	650	72	43
Пепсин	0,001	37	60	580	72	56
Fromase 750 (Фромаза)	0,001	37	60	740	72	79
Pronase E	0,001	37	60	780	72	80
СНУ-MAX M	0,001	37	30	800	72	86

Изменение диаметра мицелл казеина под действием ферментов представлено на рисунке 3.

В результате отщепления гликомакропептида под действием фермента казеиновые частицы теряют заряд, а следовательно, и устойчивость, и переходят в параказеиновые, которые за счет сил молекулярного притяжения образуют агрегаты. Анализ рисунка 3 и сравнение с результатами рисунка 1 показали, что увеличение размера частиц дисперсной фазы не всегда приводит к повышению пенообразующих свойств системы. Возможно, что в данном случае происходит изменение адсорбционного поведения ферментированных белков на границе плазма-воздух – увеличивается межфазная поверхность субмицелл казеина и происходит интенсивная флотация в межфазную поверхность данных субмицелл, которая и приводит к повышению пенообразования.

Одной из основных структурно-механических характеристик, влияющих на качество взбитых молочных продуктов, является устойчивость пены. Пена, полученная из молока, подвергнутого ферментативному гидролизу, обладает отличным, по сравнению с контрольным образцом, значением устойчивости.

На следующем этапе определяли устойчивость взбитой массы при рациональных параметрах ферментативного процесса, установленного ранее для каждого вида фермента. Данные эксперимента представлены в таблице 2.

Данные таблицы показали, что наибольшей устойчивостью обладает взбитая масса из молока, ферментированного СНУ-MAX M – 86 %. Высокие показатели устойчивости имеют образцы молочной основы, обработанной микробиальными препаратами. Устойчивость ферментированных животными препаратами систем снижается по сравнению с контрольным образцом восстановленного молока.

На начальном этапе ферментации в результате снижения дезагрегации мицелл казеина и уменьшению межмолекулярных сил взаимодействия происходит снижение вязкости системы и поверхностного натяжения.

В ходе дальнейшей обработки происходит расщепление стабилизирующего компонента казеиновой мицеллы –  $\chi$ -казеина с выделением пептида (казеиномакропептид). Макропептиды отделяются от белковой молекулы и переходят в окружающую систему. Также начинают образовываться агрегированные молекулы (флокулы), приводящие к образованию еще более крупных белковых частиц. Система приобретает гелеобразную структуру, приводящую к повышению вязкости. Полученная пена из раствора повышенной вязкости обладает мелкодисперсной структурой с мелким размером частиц, что также повышает устойчивость полученной пенной массы.

В случае высокой активности фермента (Fromase 750, Pronase E, СНУ-MAX M) стадия дезагрегации мицелл казеина и агрегация белковой фазы протекают интенсивно и приводят к быстрой коагуляции белка. Повышение вязкости системы наблюдается уже через 30 мин после внесения препарата.

### Выводы

Установлено влияние ферментативного гидролиза ферментами различного происхождения на основные структурно-механические характеристики взбитых молочных продуктов из восстановленного сухого молока – пенообразующую способность и устойчивость пены. Наибольшие пенообразующие свойства были отмечены у молочной системы, ферментированной рекомбинатным ферментом СНУ-MAX M. Максимум пенообразующей способности составил 800 %. В результате высокой активности препарата ферментативный гидролиз протекал очень активно и после 60 мин обработки белок коагулировал. Такое явление является нежелательным в технологическом процессе, т. к. сложно контролировать ход протекающих реакций.

Наименьшими значениями пенообразующей способности обладала молочная основа, ферментированная препаратами животного происхождения

– СГ-50, КГ-50 и пепсином. Это связано с проявлением специфичной ферментации, при которой образуются продукты расщепления белка, обладающие пониженными свойствами к образованию межфазных структур. По этой причине ферменты данной группы нежелательно использовать в производстве ферментированной молочной основы. Кроме того, производство ферментов животного происхождения сократилось, что привело к дефициту препаратов. Использование данной группы препаратов не приводит к значительному улучшению пенообразующих свойств.

Высокой пенообразующей способностью и относительно устойчивой взбитой массой характеризовалось молоко, обработанное ферментами микробной природы Fromase 750 и Pronase E. Пенообразующая способность при определенных рациональных параметрах процесса составила 740 и 780 % соответственно. Устойчивость находилась на уровне 80 %. Именно эта группа ферментов имеет все преимущества для ферментативного гидролиза белков восстановленного молока.

Полученные результаты позволяют рекомендовать процесс ферментации восстановленного обезжиренного молока ферментами микробного происхождения как способ повышения пенообразующей способности основы. Данную ферментированную систему можно использовать для производства взбитых продуктов широкого спектра.

#### Критерий авторства

Т. В. Подлегаева руководила проектом. Н. Г. Костина принимала участие в экспериментальных исследованиях.

#### Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет

#### Contribution

T.V. Podlegaeva supervised the project. N.G. Kostina performed the experimental studies.

#### Conflict of interest

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

#### Список литературы

1. Просеков, А. Ю. Ферментация молока для повышения пенообразующей способности / А. Ю. Просеков, Т. В. Подлегаева, Р. С. Новиков // Молочная промышленность. – 2002. – № 6. – С. 47.
2. Просеков, А. Ю. Биологическая обработка молока для улучшения свойств при получении дисперсных молочных продуктов / А. Ю. Просеков, Т. В. Подлегаева, И. С. Сергеева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 8. – С. 45–47.
3. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran / A. Prosekov, O. Babich, O. Kriger [et al.] // Food Bioscience. – 2018. – Vol. 24. – P. 46–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.
4. Jacob, M. Recent advances in milk clotting enzymes / V. Jacob, D. Jaros, H. Rohm // International journal of dairy technology. – 2011. – Vol. 64, № 1. – P. 14–33. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00633.x>.
5. Lebedeva, G. V. Purification and characterization of milk-clotting enzymes from oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm) / G. V. Lebedeva, M. T. Proskuryakov // Applied Biochemistry and Microbiology. – 2009. – Vol. 45, № 6. – P. 623–625. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0003683809060088>.
6. Biophysical evaluation of milk-clotting enzymes processed by high pressure / B. R. D. C. Leite Junior, A. A. L. Tribst, N. J. Grant [et al.] // Food Research International. – 2017. – Vol. 97. – P. 116–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.042>.
7. Milk-clotting enzymes produced by *Aspergillus flavo furcatis* strains on Amazonic fruit waste / M. M. Alecrim, R. A. Palheta, M. F. S. Teixeira [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 50, № 1. – P. 151–157. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12677>.
8. Investigating antibiotic activity of the genus bacillus strains and properties of their bacteriocins in order to develop next-generation pharmaceuticals / M. I. Zimina, S. A. Sukhikh, O. O. Babich [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 92–100. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-92-100>.
9. The function of the milk-clotting enzymes bovine and camel chymosin studied by a fluorescence resonance energy transfer assay / J. L. Jensen, J. Jacobsen, M. L. Moss [et al.] // Journal of Dairy Science. – 2015. – Vol. 98, № 5. – P. 2853–2860. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8672>.
10. Aspartic proteinases from *Mucor* spp. in cheese manufacturing / S. Yegin, M. Fernandez-Lahore, A. Jose Gama Salgado [et al.] // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2011. – Vol. 89, № 4. – P. 949–960. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3020-6>.
11. Просеков, А. Ю. Пенообразующая способность восстановленного цельного молока / А. Ю. Просеков, Т. В. Подлегаева, Р. С. Новиков // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2001. – Т. 264–265, № 5–6. – С. 39–40.
12. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran / A. Prosekov, O. Babich, O. Kriger [et al.] // Food Bioscience. – 2018. – Vol. 24. – P. 46–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.

13. Kumar, A. B. V. Non-specific depolymerization of chitosan by pronase and characterization of the resultant products / A. B. V. Kumar, L. R. Gowda, R. N. Tharanathan // *European Journal of Biochemistry*. – 2004. – Vol. 271, № 4. – P. 713–723. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.2003.03975.x>.
14. Шляпникова, С. В. Особенности коагуляции молока: сычужный ферментный препарат и его аналоги / С. В. Шляпникова, Э. Р. Батырова // *Биомика*. – 2017. – Vol. 9, № 1. – P. 033–041.
15. Effects of ultrasound on the fermentation profile of fermented milk products incorporated with lactic acid bacteria / A. M. N. L. Abesinghe, N. Islam, J. K. Vidanarachchi [et al.] // *International Dairy Journal*. – 2019. – Vol. 90. – P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.10.006>.
16. Харитонов, В. Д. Технология непрерывного процесса ферментации при производстве кисломолочных продуктов / В. Д. Харитонов, О. А. Гераймович // *Инновации в сельском хозяйстве*. – 2019. – Т. 33, № 4. – С. 154–161.
17. Newly isolated lactic acid bacteria from silage targeting biofilms of foodborne pathogens during milk fermentation / E. Gavrilova, E. Anisimova, A. Gabelkhadieva [et al.] // *BMC Microbiology*. – 2019. – Vol. 19, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1618-0>.
18. Особенности совместной ферментации белков молока молочнокислыми бактериями различных групп / Т. Н. Головач, Н. К. Жабанос, Н. Н. Фурик [и др.] // *Пищевая промышленность: наука и технологии*. – 2013. – Т. 19, № 1. – С. 76–84.
19. Beermann, C. Physiological properties of milk ingredients released by fermentation / C. Beermann, J. Hartung // *Food and Function*. – 2013. – Vol. 4, № 2. – P. 185–199. DOI: <https://doi.org/10.1039/c2fo30153a>.
20. Production of a milk-clotting enzyme by glutinous rice fermentation and partial characterization of the enzyme / X. Zhao, J. Wang, Z. Zheng [et al.] // *Journal of Food Biochemistry*. – 2015. – Vol. 39, № 1. – P. 70–79. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12108>.
21. Khanal, S. N. Evaluation of the yield, molar mass of exopolysaccharides, and rheological properties of gels formed during fermentation of milk by *Streptococcus thermophilus* strains ST-143 and ST-10255Y / S. N. Khanal, J. A. Lucey // *Journal of Dairy Science*. – 2017. – Vol. 100, № 9. – P. 6906–6917. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12835>.
22. Application of high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry to the identification of biologically active peptides produced by milk fermentation and simulated gastrointestinal digestion / B. Hernandez-Ledesma, L. Amigo, M. Ramos [et al.] // *Journal of Chromatography A*. – 2004. – Vol. 1049, № 1–2. – P. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.07.025>.

## References

1. Prosekov AYu, Podlegaeva TV, Novikov RS. Fermentatsiya moloka dlya povysheniya penoobrazuyushchey sposobnosti [Milk fermentation as a means of increasing the foaming capacity]. *Dairy Industry*. 2002;(6):47. (In Russ.).
2. Prosekov AYu, Podlegaeva TV, Sergeeva IS. Biologicheskaya obrabotka moloka dlya uluchsheniya svoystv pri poluchenii dispersnykh molochnykh produktov [Biological processing of milk as a means of improving the properties of dispersed dairy products]. *Storage and Processing of Farm Products*. 2002;(8):45–47. (In Russ.).
3. Prosekov A, Babich O, Kriger O, Ivanova S, Pavsky V, Sukhikh S, et al. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran. *Food Bioscience*. 2018;24:46–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.
4. Jacob M, Jaros D, Rohm H. Recent advances in milk clotting enzymes. *International journal of dairy technology*. 2011;64(1):14–33. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00633.x>.
5. Lebedeva GV, Proskuryakov MT. Purification and characterization of milk-clotting enzymes from oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Kumm). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2009;45(6):623–625. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0003683809060088>.
6. Leite Junior BRDC, Tribst AAL, Grant NJ, Yada RY, Cristianini M. Biophysical evaluation of milk-clotting enzymes processed by high pressure. *Food Research International*. 2017;97:116–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.042>.
7. Alecrim MM, Palheta RA, Teixeira MFS, Oliveira IMA. Milk-clotting enzymes produced by *Aspergillus flavo furcatis* strains on Amazonian fruit waste. *International Journal of Food Science and Technology*. 2015;50(1):151–157. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.12677>.
8. Zimina MI, Sukhikh SA, Babich OO, Noskova SYu, Abrashina AA, Prosekov AYu. Investigating antibiotic activity of the genus bacillus strains and properties of their bacteriocins in order to develop next-generation pharmaceuticals. *Foods and Raw Materials*. 2016;4(2):92–100. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-92-100>.
9. Jensen JL, Jacobsen J, Moss ML, Rasmussen F, Qvist KB, Larsen S, et al. The function of the milk-clotting enzymes bovine and camel chymosin studied by a fluorescence resonance energy transfer assay. *Journal of Dairy Science*. 2015;98(5):2853–2860. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8672>.
10. Yegin S, Fernandez-Lahore M, Jose Gama Salgado A, Guvenc U, Goksungur Y, Tari C. Aspartic proteinases from *Mucor* spp. in cheese manufacturing. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2011;89(4):949–960. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-010-3020-6>.

11. Prosekov AYu, Podlegaeva TV, Novikov RS. Penobrazuyushchaya sposobnost' vosstanovlennogo tsel'nogo moloka [Foaming ability of reduced whole milk]. News of institutes of higher education. Food technology. 2001;264–265(5–6):39–40. (In Russ.).
12. Prosekov A, Babich O, Kriger O, Ivanova S, Pavsky V, Sukhikh S, et al. Functional properties of the enzyme-modified protein from oat bran. Food Bioscience. 2018;24:46–49. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.05.003>.
13. Kumar ABV, Gowda LR, Tharanathan RN. Non-specific depolymerization of chitosan by pronase and characterization of the resultant products. European Journal of Biochemistry. 2004;271(4):713–723. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.2003.03975.x>.
14. Shlyapnikova SV, Batyrova ER. Features of coagulation of milk. Rennet enzyme preparation and its analogues. Biomics. 2017;9(1):033–041. (In Russ.).
15. Abesinghe AMNL, Islam N, Vidanarachchi JK, Prakash S, Silva KFST, Karim MA. Effects of ultrasound on the fermentation profile of fermented milk products incorporated with lactic acid bacteria. International Dairy Journal. 2019;90:1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.10.006>.
16. Kharitonov VD, Geraimovich OA. Technology of continuous fermentation process in the production of fermented milk products. Innovatsii v sel'skom khozyaystve [Innovations in Agriculture]. 2019;33(4):154–161.
17. Gavrilova E, Anisimova E, Gabdelkhadieva A, Nikitina E, Vafina A, Yarullina D, et al. Newly isolated lactic acid bacteria from silage targeting biofilms of foodborne pathogens during milk fermentation. BMC Microbiology. 2019;19(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1618-0>.
18. Halavach TN, Zhabanos NK, Furyk NN, Kurchenko VP, Rizevsky SV. The fetures of complex fermentation of milk proteins with different lactic acid bacteria. Food Industry: Science and Technology. 2013;19(1):76–84. (In Russ.).
19. Beermann C, Hartung J. Physiological properties of milk ingredients released by fermentation. Food and Function. 2013;4(2):185–199. DOI: <https://doi.org/10.1039/c2fo30153a>.
20. Zhao X, Wang J, Zheng Z, Zhao A, Yang Z. Production of a milk-clotting enzyme by glutinous rice fermentation and partial characterization of the enzyme. Journal of Food Biochemistry. 2015;39(1):70–79. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12108>.
21. Khanal SN, Lucey JA. Evaluation of the yield, molar mass of exopolysaccharides, and rheological properties of gels formed during fermentation of milk by *Streptococcus thermophilus* strains ST-143 and ST-10255Y. Journal of Dairy Science. 2017;100(9):6906–6917. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12835>.
22. Hernandez-Ledesma B, Amigo L, Ramos M, Recio I. Application of high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry to the identification of biologically active peptides produced by milk fermentation and simulated gastrointestinal digestion. Journal of Chromatography A. 2004;1049(1–2):107–114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.07.025>.

#### Сведения об авторах

##### Подлегаева Татьяна Викторовна

канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: mtomz85@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8542-9601>

##### Костина Наталья Геннадьевна


канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8917-7299>

#### Information about the authors

##### Tatiana V. Podlegaeva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: mtomz85@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8542-9601>

##### Natalia G. Kostina

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8917-7299>



## Идентификация таксонов морских рыб методом линейного дискриминантного анализа спектров отражения в ближней инфракрасной области

В. Ю. Новиков\*<sup>ORCID</sup>, А. В. Барышников<sup>ORCID</sup>, К. С. Рысакова<sup>ORCID</sup>, Н. В. Шумская<sup>ORCID</sup>,  
О. Р. Узбекова<sup>ORCID</sup>



Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,  
183038, Россия, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6

Дата поступления в редакцию: 18.12.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: [nowitaly@yandex.ru](mailto:nowitaly@yandex.ru)



© В. Ю. Новиков, А. В. Барышников, К. С. Рысакова, Н. В. Шумская, О. Р. Узбекова, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Спектроскопия в ближней инфракрасной (БИК) области представляет собой современный инструментальный метод количественного и качественного анализа различных объектов. Метод анализа БИК-спектров диффузионного отражения успешно использовался для идентификации, например, различных растений, животных и лекарственных препаратов. Вопрос идентификации объектов морского промысла в настоящее время является чрезвычайно важным для современного промысла, экологического мониторинга, а также для установления фальсификации готовой продукции. Цель нашего исследования – идентификация таксонов рыб с применением дискриминантного анализа спектров отражения в БИК области.

**Объекты и методы исследования.** В качестве объектов исследования использовали высушенные и обезжиренные образцы мышечной ткани 25 видов морских рыб Северного рыбопромыслового бассейна. Для измерения спектров в диапазоне от 700 до 7000 см<sup>-1</sup> использовали ИК-Фурье-спектрофотометр Shimadzu IRTracer-100 с приставкой для измерения диффузионного отражения. Математическую обработку спектров проводили в программе MagicPlot Pro ver. 2.9 (Magicplot Systems, LLC), для линейного дискриминантного анализа полученных спектров использовали статистическую программу IBM SPSS Statistics ver. 25 (IBM Corp., США).

**Результаты и их обсуждение.** Проведены измерения спектров диффузионного отражения БИК-излучения для 25 образцов морских видов рыб Северного бассейна, относящихся к разным таксонам. Для оценки близости спектров при линейном дискриминантном анализе выбран диапазон от 3700 до 6700 см<sup>-1</sup>. В нем определено 19 спектральных пиков, вносящих значимый вклад в канонические дискриминантные функции, позволившие разделить все исследованные объекты на восемь неперекрывающихся групп, которые соответствуют каждому биологическому отряду рыб. Анализ проводили на основании сравнения расстояния Махаланобиса между центроидами групп и БИК-спектрами каждого исследуемого вида рыб. Минимальное расстояние Махаланобиса между ближайшими группами оказалось статистически значимым.

**Выводы.** Показана возможность таксономической идентификации морских рыб до биологического отряда на основе измерения спектральных характеристик белков их мышечной ткани в ближней инфракрасной области в диапазоне от 3700 до 6700 см<sup>-1</sup> и классификации методом линейного дискриминантного анализа исследованных объектов.

**Ключевые слова.** Рыба, спектральный анализ, ближняя инфракрасная область, таксонометрическая принадлежность, метод классификации, фальсификация

**Для цитирования:** Идентификация таксонов морских рыб методом линейного дискриминантного анализа спектров отражения в ближней инфракрасной области / В. Ю. Новиков, А. В. Барышников, К. С. Рысакова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 159–166. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-159-166>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Identification of Marine Fish Taxa by Linear Discriminant Analysis of Reflection Spectra in the Near-Infrared Region

V.Yu. Novikov\*<sup>ORCID</sup>, A.V. Baryshnikov<sup>ORCID</sup>, K.S. Rysakova<sup>ORCID</sup>, N.V. Shumskaya<sup>ORCID</sup>,  
O.R. Uzbekova<sup>ORCID</sup>

Polar branch of the Russian Federal Research  
Institute of Fisheries and Oceanography,



## Abstract.

**Introduction.** Near-infrared (NIR) spectroscopy is a modern instrumental method for the quantitative and qualitative analysis of various objects. The method for analyzing the NIR spectra of diffuse reflection was successfully used to identify plant and animal species, drugs, etc. The issue of identifying objects of marine fishery is currently extremely important for modern fisheries, environmental monitoring, and identifying counterfeit products. The research objective was to identify the fish taxa using the discriminant analysis of reflection in the NIR region.

**Study objects and methods.** The research featured 25 dried and defatted muscle tissue samples taken from different species of marine fish caught in the North Fishing Basin. The spectra were measured using a Fourier IR-spectrophotometer Shimadzu IRTracer-100 with a diffuse reflection measuring instrument. Measurements were carried out in the range from 700 to 7,000  $\text{cm}^{-1}$ . Mathematical processing of the spectra was performed using the MagicPlot Pro program ver. 2.9 (Magicplot Systems, LLC), while the statistical program IBM SPSS Statistics ver. 25 (IBM Corp., USA) was exploited to perform the linear discriminant analysis.

**Results and discussion.** The spectra of diffuse reflection of NIR radiation were measured for 25 samples of marine fish species of different taxa caught in the North Fishing Basin. The range of 3,700 to 6,700  $\text{cm}^{-1}$  was selected to assess the proximity of spectra in linear discriminant analysis. In this range, the team identified 19 spectral peaks, which made a significant contribution to canonical discriminatory functions. The resulting canonical discriminatory functions made it possible to divide the objects into eight non-overlapping groups corresponding to each biological group of the fish. The analysis was based on a comparison of Mahalanobis distance between the group centroids and the NIR spectra of each studied fish species. The minimum Mahalanobis distance between the nearest groups was statistically significant.

**Conclusion.** The research proved the possibility of taxonomic identification of marine fish based on measuring the spectral characteristics of their muscle tissue proteins in the range of 3,700 to 6,700  $\text{cm}^{-1}$  of near-infrared region and classification by linear discriminant analysis.

**Keywords.** Fish, spectra analysis, near infrared region, classification method, taxon affiliation, falsification

**For citation:** Novikov VYu, Baryshnikov AV, Rysakova KS, Shumskaya NV, Uzbekova OR. Identification of Marine Fish Taxa by Linear Discriminant Analysis of Reflection Spectra in the Near-Infrared Region. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):159–166. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-159-166>.

## Введение

В России в настоящее время возникла проблема фальсификации продукции. Причинами могут быть рыночные условия развития общества, резкое увеличение объема частного производства, а также свободная торговля продовольственными товарами, в том числе сырьем морского происхождения, полуфабрикатами и готовыми рыбными продуктами. Чаще всего продукцию из малоценного сырья реализуют как продукцию высокого качества по экономическим соображениям. Для обнаружения подделки рыбной продукции применяют органолептические методы оценки внешнего вида, консистенции, вкуса и запаха, но эти методы не очень надежны. В настоящее время арбитражным методом является генетический анализ. Популяционные исследования проводятся преимущественно генетическими методами (микросателлитный, SNP-анализ, аллозимный и др.). Видовая идентификация также может быть осуществлена стандартными методами (например, методом изоэлектрофокусирования саркоплазматических белков). Большинство методов являются весьма дорогостоящими и времязатратными, требующими дорогого оборудования и реактивов, а также специальных навыков работы.

Так как вопрос идентификации объектов промысла по свойствам отдельных тканей является

чрезвычайно важным для современного промысла и экологического мониторинга, а также для установления фальсификации готовой продукции, то использование для этой цели иных, кроме генетического анализа, методов весьма актуально.

Спектроскопия в ближней инфракрасной (БИК) области представляет собой современный инструментальный метод количественного и качественного анализа различных объектов [1–3]. Спектры поглощения (а также отражения и рассеивания) молекул являются уникальными для каждого вещества. Интенсивность поглощения связана с содержанием поглощающего компонента в исследуемом объекте [1].

Методом БИК-спектроскопии возможно обнаружить «химический фингерпринт» (химические отпечатки пальцев) образцов посредством измерения количества энергии поглощения в БИК области биологических материалов на специфических длинах волн. На поглощение влияет химическое строение молекул организма, наличие и положение функциональных групп О-Н, N-Н и С-Н [4].

БИК-спектры могут служить источником информации о структуре различных веществ – витаминов, аминокислот, сложных эфиров, сахаров, спиртов и других, поэтому широко используются

для идентификации. Например, этот метод применяют для идентификации коммерческих сортов пакетированного чая и географического происхождения вин [5, 6]. Большое распространение получили ИК-спектрофотометры с Фурье преобразованием, которые при работе используют все частоты излучения источника одновременно. Это позволяет повысить информативность метода, обеспечить существенно большую чувствительность и экспрессность анализа по сравнению с классическими ИК-спектрофотометрами.

Эффективность метода БИК-спектроскопии как простого и недорогого метода для классификации различия веществ по химическому строению была доказана многочисленными исследованиями, а также продемонстрирована для медицины и фармакологии, почвоведения, ландшафтной экологии, биотехнологии, сельского хозяйства и пищевой промышленности [4, 7–13].

Анализ научных публикаций показал, что метод анализа БИК-спектров диффузионного отражения успешно использовался для идентификации лекарственных препаратов, плодов (яблок), растений и древесины, насекомых, таких как муравьи, термиты, двукрылые, жуки-долгоносики, некоторых животных, мяса сельскохозяйственных животных [14–24]. Информация, касающаяся видовой идентификации рыб данным методом, является отрывочной.

Существует несколько аргументов использования БИК-спектроскопии для исследования рыб. Во-первых, одновременно можно анализировать множество компонентов с помощью единого спектра. Во-вторых, проведение данного анализа довольно дешево и не требует сложной пробоподготовки и дорогостоящих реактивов. В-третьих, продолжительность анализа составляет менее суток. В-четвертых, технически сам анализ не очень сложен и не требует особых навыков.

Цель исследования – идентификация таксонов рыб с применением дискриминантного анализа спектров отражения в БИК области.

Для достижения данной цели решались следующие задачи:

- 1) выбор объектов, относящихся к разным таксонам;
- 2) получение БИК-спектров диффузионного отражения и их математическая обработка для представления в виде матрицы, которая пригодна для дискриминантного анализа;
- 3) проведение дискриминантного анализа БИК-спектров отражения белков рыб, принадлежащих разным таксонам.

#### Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали 25 видов рыб из 8 отрядов, обитающих в Северном рыбопромысловом бассейне: пинагор (*Cyclopterus lumpus*), ликод сетчатый (*Lycodes reticulatus*),

коттункул Томсона (*Cottunculus thomsonii*), менек (*Brosme brosme*), путассу северная (*Micromesistius poutassou*), пикша (*Melanogrammus aeglefinus*), тресочка Эсмарка (*Trisopterus esmarkii*), налим северный морской (*Ciliata septentrionalis*), лиманда (*Limanda limanda*), окунь золотистый (*Sebastes marinus*), окунь морской гигантский (*Stereolepis gigas*), окунь морской клюворылый (*Sebastes mentella*), окунь синеротый (*Helicolenus dactylopterus*), исландский шедоф (*Schedophilus medusophagus*), хаулиод (*Chauliodus sloani*), европейская химера (*Chimaera monstrosa*), аргентина (*Argentina sphyraena*), скат звездчатый (*Raja radiata*), акула черная (*Dalatias licha*), акула большая черная (*Etmopterus princeps*), акула полярная (*Somniosus microcephalus*), акула длиннорылая (*Rhizoprionodon terraenovae*), акула белоглазая длинноносая (*Centroselachus crepidater*), чёрная собачья акула Фабрициуса (*Centroscyllum fabricii*), гладкоголов Агассица (*Alepocephalus agassizii*). Отбор проб проводили в Баренцевом и Карском морях и в Северо-Восточной Атлантике в рейсах на научно-исследовательских судах Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича) в 2014–2018 гг.

Подготовка проб осуществлялась в лаборатории технологии переработки водных биоресурсов ПИНРО. Образцы мышечной ткани измельчали на мясорубке с диаметром отверстий 3 мм. Затем их обезжировали высушиванием при 105 °С и удаляли липиды экстракцией диэтиловым эфиром в аппарате Сокслета. Высушенные и обезжиренные образцы измельчали на шаровой мельнице Pulverisette 7 (FRITSCHE GmbH, Германия) в стаканах из нержавеющей стали при 500 об/мин в течение 10 мин. Содержание белков и минеральных веществ в мышечной ткани объектов определяли стандартными методами<sup>1</sup>.

Спектры диффузионного отражения для подготовленных образцов получали с использованием ИК-спектрофотометра IRTracer-100 (Shimadzu, Япония) с приставкой для измерения диффузионного отражения DRS-8000A. Измерения проводили в диапазоне от 700 до 7000 см<sup>-1</sup>. Кратность измерения одного образца составляла от 3 до 5 повторов.

Обработку спектров и построения графиков осуществляли в программах Excel (Microsoft, США) и MagicPlot Pro ver. 2.9.0.0 (Magicplot Systems, LLC, Россия).

Многомерный дискриминантный анализ результатов, расчет расстояния Махаланобиса и построение графиков распределения проводили с помощью статистической программы IBM SPSS Statistics ver. 25 (IBM Corp., США). Каноническая корреляция составила 0,999.

<sup>1</sup> ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. – М. : Стандартинформ, 2010. – 90 с.

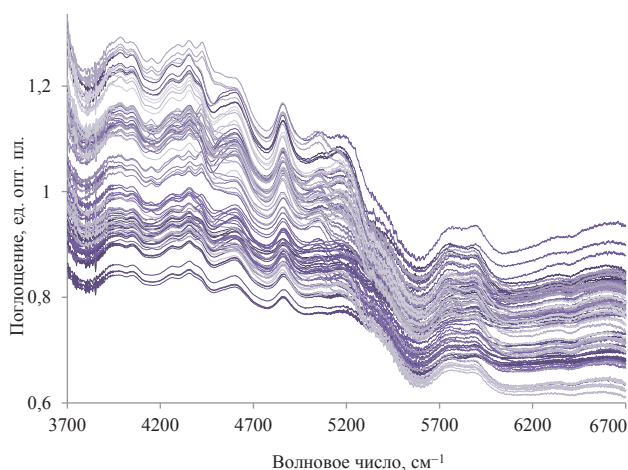


Рисунок 1. Пример массива необработанных спектров БИК поглощения образцов исследуемых видов рыб

Figure 1. Example of an array of unprocessed absorption spectra of NIR absorption of the fish samples

### Результаты и их обсуждение

Подготовленные образцы мышечной ткани после высушивания и обезжиривания содержали белки и минеральные вещества (зола).

Для образцов каждого исследуемого вида было определено содержание минеральных веществ и белка. Массовая доля золы в обезжиренном сухом образце составила менее 9 %.

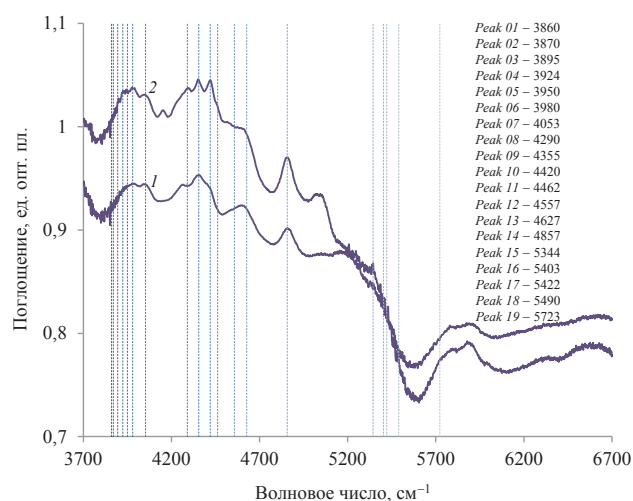
С целью исключения возможного влияния различного содержания минеральных веществ в образцах в начале исследований была проведена статистическая обработка данных химического состава, которая не выявила корреляцию массовой доли золы и белков с видовой или отрядной принадлежностью исследованных рыб.

Для белков подготовленных образцов были измерены спектры диффузионного отражения в области, которая визуально показала существенные различия в интенсивности пиков отражения для разных видов рыб.

Спектры отражения были преобразованы в спектры поглощения. На рисунке 1 приведен пример массива экспериментальных спектров, которые были использованы для последующей математической и статистической обработки. Полученные спектры представляют сложную комбинацию нескольких пиков, которые отличаются интенсивностью и соотношением высоты пиков для различных рыб.

В результате дискриминантного анализа были выявлены основные волновые числа в БИК-спектре белков, которые связаны с видовой принадлежностью морских рыб.

Из 28 пиков, выбранных на исследуемом диапазоне БИК-спектра после разложения спектра на составляющие гауссианы, были выбраны 19 пиков. Они вносили главный вклад в значения дискрими-



1 – белки пинагора, 2 – белки акулы полярной  
Peak 01–19 – пики, используемые в дискриминантном анализе

Рисунок 2. Положение пиков поглощения, участвующих в дискриминантном анализе БИК-спектров

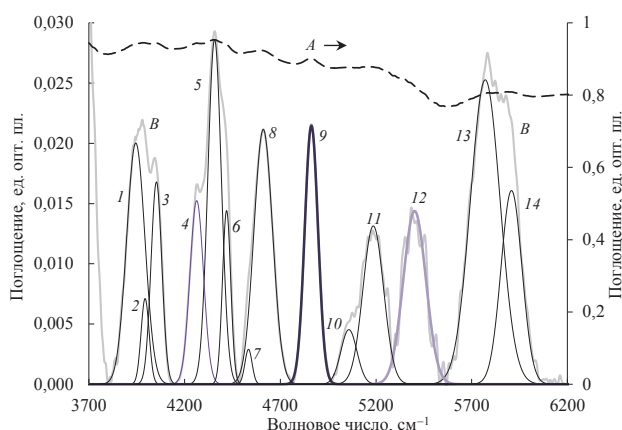
Figure 2. Absorption peaks involved in the discriminant analysis of the NIR spectra

нантных функций и обеспечивали получение максимального разделения рыб по классам, соответствующим биологическим отрядам. На рисунке 2 представлены БИК-спектры мышечных белков пинагора и акулы полярной как представителей разных отрядов.

Спектры поглощения были математически обработаны в программе MagicPlot. Для каждого спектра была вручную проведена базовая линия с использованием кубической сплайн-функции. После вычитания базовой линии из спектра поглощения *A* был получен спектр поглощения *B*, представляющий сумму индивидуальных и перекрывающихся пиков (на рисунке 3 приведен пример обработки спектра белков мышечной ткани пинагора). Полученный спектр был разложен на составляющие пики, используя распределение Гаусса (рис. 3, кривые 1–14). Каждый пик характеризовался волновым числом и высотой (величиной поглощения).

По полученным данным была составлена матрица, в которой столбцы соответствовали номерам пиков, а строки – отрядам исследованных рыб. Все исследуемые рыбы были разделены на классификационные группы по их принадлежности к отрядам:

- скорпенообразные (*Scorpaeniformes*): пинагор, ликод, коттункул;
- корюшкообразные (*Osmeriformes*): гладкоголов Агассиса;
- трескообразные (*Gadiformes*): менек, путассу северная, пикша, тресочка Эсмарка, налим северный морской;
- камбалообразные (*Pleuronectiformes*): лиманда;



*A* – исходный спектр поглощения  
*B* – спектр после вычитания базовой линии  
*1–14* – пики, рассчитанные по функции распределения Гаусса

Рисунок 3. Разложение БИК-спектра поглощения образца мышечной ткани пинагора на составляющие гауссианы

Figure 3. Decomposition of the NIR absorption spectrum of a pinagora muscle tissue sample into constituent Gaussians

- окунеобразные (*Perciformes*): окунь золотистый, окунь морской гигантский, окунь морской клюворылый, окунь синеротый, шедоф;
- стомиевые (*Stomiidae*): хаулиод;
- хрящевые (*Chondrichthyes*): химера, звездчатый скат, акула черная, большая черная акула, акула полярная, акула длиннорылая, акула белоглазая длинноногая, акула фабрициуса;
- сельдеобразные (*Clupeiformes*): аргентина.

Для оценки близости спектров рассчитывали расстояние Махаланобиса БИК-спектров каждого исследуемого вида рыб от аналогичных спектров остальных рыб. Полученные канонические дискриминантные функции 1 и 2 позволили разделить все объекты по выбранным группам (рис. 4). На рисунке 4 представлены неперекрывающиеся группы, отвечающие каждому отряду рыб.

Примененный подход к обработке данных позволил получить практически неперекрывающиеся кластеры, в каждый из которых попали значения, соответствующие только одному отряду исследованных рыб. Различие между группами считается достоверным, если расстояние Махаланобиса превышает значение критерия Фишера ( $F$ ) при уровне значимости  $P$  ( $P = 0,05$ ). Минимальное расстояние Махаланобиса между ближайшими кластерами составило 7,27 (кластеры 1 и 3,  $F = 2,86$ ) и 7,94 (кластеры 2 и 5,  $F = 3,88$ ), т. е. является статистически значимым. Результат классификации показал, что классифицированы правильно 100,0 % исходных и 96,6 % перекрестно проверенных сгруппированных наблюдений.

Таким образом, проведенные исследования доказали возможность применения БИК-анализа для

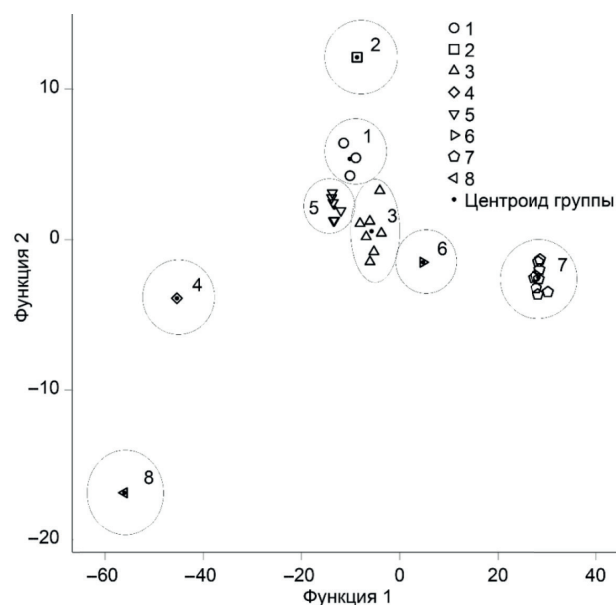


Рисунок 4. Канонические дискриминантные функции (номера групп соответствуют номерам выбранных отрядов рыб)

Figure 4. Canonical discriminant functions (group numbers correspond to numbers of the selected fish orders)

идентификации рыб по образцам их мышечной ткани до отдельных отрядов.

Исследование структуры БИК-спектров (например, в области волновых чисел 5000–5500  $\text{cm}^{-1}$ ) показало наличие дополнительных пиков, которые могут использоваться для более детальной классификации рыб по группам, соответствующим семействам и даже видам рыб. В этом случае необходимо изучение организмов, ограниченных одним отрядом или семейством.

### Выводы

Проведены измерения спектров диффузионного отражения БИК-излучения для 25 образцов морских видов рыб Северного бассейна. Подтверждена возможность идентификации рыб до отряда на основе измерения спектральных характеристик белков в ИК диапазоне, соответствующей ближней области (от 3700 до 6700  $\text{cm}^{-1}$ ) и статистической обработки полученных спектров методом линейного дискриминантного анализа. Таким образом, метод спектроскопии в ближней инфракрасной области может быть использован для обнаружения фальсификатов готовой продукции аквакультуры и рыбного промысла.

### Критерии авторства

В. Ю. Новиков руководил проектом. А. В. Барышников, К. С. Рысакова, Н. В. Шумская, О. Р. Узбекова принимали участие в экспериментальных исследованиях.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

O.R. Uzbekova performed the experimental part of the research.

**Contribution**

V.Yu. Novikov supervised the project. A.V. Baryshnikov, K.S. Rysakova, N.V. Shumskaya, and

**Conflict of interest**

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

**Список литературы**

1. Крищенко, В. П. Ближняя инфракрасная спектроскопия / В. П. Крищенко. – М. : Интеграпротех, 1997. – 640 с.
2. Franca, A. S. Spectroscopic methods in food analysis / A. S. Franca, L. M. L. Nollet. – Boca Raton : CRC Press, 2017. – 664 p.
3. Burns, D. A. Handbook of near-infrared analysis / D. A. Burns, E. W. Ciurczak. – Boca Raton : CRC Press, 2008. – 836 p.
4. Grassi, S. Advances in NIR spectroscopy applied to process analytical technology in food industries / S. Grassi, C. Alamprese // Current Opinion in Food Science. – 2018. – Vol. 22. – P. 17–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.12.008>.
5. The quality control of tea by near-infrared reflectance (NIR) spectroscopy and chemometrics / M.-Z. Zhu, B. Wen, H. Wu [et al.] // Journal of Spectroscopy. – 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/8129648>.
6. Geographical origin traceability of Cabernet Sauvignon wines based on Infrared fingerprint technology combined with chemometrics / X.-Z. Hu, S.-Q. Liu, X.-H. Li [et al.] // Scientific Reports. – 2019. – Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44521-8>.
7. Ecological applications of near infrared reflectance spectroscopy – a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance / W. J. Foley, A. McIlwee, I. Lawler [et al.] // Oecologia. – 1998. – Vol. 116, № 3. – P. 293–305. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420050591>.
8. Near Infrared Spectroscopy technology for prediction of chemical composition of natural fresh pastures / S. Parrini, A. Acciaioli, O. Franci [et al.] // Journal of Applied Animal Research. – 2019. – Vol. 47, № 1. – P. 514–520. DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1675669>.
9. Ciurczak, E. W. Pharmaceutical and medical applications of near-infrared spectroscopy / E. W. Ciurczak, B. Igne. – Boca Raton : CRC Press, 2019. – 172 p.
10. Reich, G. Near-infrared spectroscopy and imaging: basic principles and pharmaceutical applications / G. Reich // Advanced Drug Delivery Reviews. – 2005. – Vol. 57, № 8. – P. 1109–1143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2005.01.020>.
11. Application of near-infrared reflectance for quantitative assessment of soil properties / E. S. Mohamed, A. M. Saleh, A. B. Belal [et al.] // Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. – 2018. – Vol. 21, № 1. – P. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.02.001>.
12. Counsell, K. R. Recent advances of near infrared spectroscopy in wildlife and ecology studies / K. R. Counsell, C. K. Vance // NIR News. – 2016. – Vol. 27, № 1. – P. 29–32. DOI: <https://doi.org/10.1255/nirn.1581>.
13. FT-NIR: a tool for rapid intracellular lipid quantification in oleaginous yeasts / M. Chmielarz, S. Sampels, J. Blomqvist [et al.] // Biotechnology for Biofuels. – 2019. – Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1513-9>.
14. Chen, H. Application of near-infrared spectroscopy and class-modeling to antibiotic authentication / H. Chen, Z. Lin, C. Tan // Analytical Biochemistry. – 2020. – Vol. 590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ab.2019.113514>.
15. Classification of apple varieties using near infrared reflectance spectroscopy and fuzzy discriminant c-means clustering model / X. Wu, B. Wu, J. Sun [et al.] // Journal of Food Process Engineering. – 2016. – Vol. 40, № 2. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12355>.
16. Rapid identification of wood species by near-infrared spatially resolved spectroscopy (NIR-SRS) based on hyperspectral imaging (HSI) / T. Ma, T. Inagaki, M. Ban [et al.] // Holzforschung. – 2019. – Vol. 73, № 4. – P. 323–330. DOI: <https://doi.org/10.1515/hf-2018-0128>.
17. Li, Y. Calibration of near infrared spectroscopy (NIRS) data of three *Eucalyptus* species with extractive contents determined by ASE extraction for rapid identification of species and high extractive contents / Y. Li, C. Altaner // Holzforschung. – 2019. – Vol. 73, № 6. – P. 537–545. DOI: <https://doi.org/10.1515/hf-2018-0166>.
18. A near-infrared spectroscopy routine for unambiguous identification of cryptic ant species / M.-C. Kinzner, H. C. Wagner, A. Peskoller [et al.] // PeerJ. – 2015. – Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.991>.
19. Discrimination of termite species using near-infrared spectroscopy (NIRS) / R. A. de Azevedo, J. W. de Morais, C. Lang [et al.] // European Journal of Soil Biology. – 2019. – Vol. 93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2019.04.002>.
20. A novel use of infra-red spectroscopy (NIRS and ATR-FTIR) coupled with variable selection algorithms for the identification of insect species (Diptera: Sarcophagidae) of medico-legal relevance / T. M. Barbosa, L. A. S. de Lima, M. C. D. dos Santos [et al.] // Acta Tropica. – 2018. – Vol. 185. – P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.04.025>.
21. Identification of species and geographical strains of *Sitophilus oryzae* and *Sitophilus zeamais* using the visible/near-infrared hyperspectral imaging technique / Y. Cao, C. J. Zhang, Q. S. Chen [et al.] // Pest Management Science. – 2015. – Vol. 71, № 8. – P. 1113–1121. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3893>.

22. Riccioli, C. Identifying animal species in NIR hyperspectral images of processed animal proteins (PAPs): Comparison of multivariate techniques / C. Riccioli, D. Perez-Marin, A. Garrido-Varo // *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. – 2018. – Vol. 172. – P. 139–149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2017.12.003>.
23. Pieszczyk, L. Identification of ground meat species using near-infrared spectroscopy and class modeling techniques – Aspects of optimization and validation using a one-class classification model / L. Pieszczyk, H. Czarnik-Matusiewicz, M. Daszykowski // *Meat Science*. – 2018. – Vol. 139. – P. 15–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.009>.
24. Identification and quantification of turkey meat adulteration in fresh, frozen-thawed and cooked minced beef by FT-NIR spectroscopy and chemometrics / C. Alamprese, J. M. Amigo, E. Casiraghi [et al.] // *Meat Science*. – 2016. – Vol. 121. – P. 175–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.018>.

## References

1. Krishchenko VP. Blizhnyaya infrakrasnaya spektroskopiya [Near infrared spectroscopy]. Moscow: Interagrotekh; 1997. 640 p. (In Russ.).
2. Franca AS, Nollet LML. Spectroscopic methods in food analysis. Boca Raton: CRC Press; 2017. 664 p.
3. Burns DA, Ciurczak EW. Handbook of near-infrared analysis. Boca Raton: CRC Press; 2008. 836 p.
4. Grassi S, Alamprese C. Advances in NIR spectroscopy applied to process analytical technology in food industries. *Current Opinion in Food Science*. 2018;22:17–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.12.008>.
5. Zhu MZ, Wen BB, Wu H, Li J, Lin HY, Li Q, et al. The quality control of tea by near-infrared reflectance (NIR) spectroscopy and chemometrics. *Journal of Spectroscopy*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/8129648>.
6. Hu XZ, Liu SQ, Li XH, Wang CX, Ni XL, Liu X, et al. Geographical origin traceability of Cabernet Sauvignon wines based on Infrared fingerprint technology combined with chemometrics. *Scientific Reports*. 2019;9. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44521-8>.
7. Foley WJ, McIlwee A, Lawler I, Aragonés L, Woolnough AP, Berding N. Ecological applications of near infrared reflectance spectroscopy a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance. *Oecologia*. 1998;116(3):293–305. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420050591>.
8. Parrini S, Acciaioli A, Franci O, Pugliese C, Bozzi R. Near Infrared Spectroscopy technology for prediction of chemical composition of natural fresh pastures. *Journal of Applied Animal Research*. 2019;47(1):514–520. DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2019.1675669>.
9. Ciurczak EW, Igne B. Pharmaceutical and medical applications of near-infrared spectroscopy. Boca Raton: CRC Press; 2019. 172 p.
10. Reich G. Near-infrared spectroscopy and imaging: Basic principles and pharmaceutical applications. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 2005;57(8):1109–1143. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2005.01.020>.
11. Mohamed ES, Saleh AM, Belal AB, Gad A. Application of near-infrared reflectance for quantitative assessment of soil properties. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*. 2018;21(1):1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.02.001>.
12. Counsell KR, Vance CK. Recent advances of near infrared spectroscopy in wildlife and ecology studies. *NIR News*. 2016;27(1):29–32. DOI: <https://doi.org/10.1255/nirn.1581>.
13. Chmielarz M, Sampels S, Blomqvist J, Brandenburg J, Wende F, Sandgren M, et al. FT-NIR: a tool for rapid intracellular lipid quantification in oleaginous yeasts. *Biotechnology for Biofuels*. 2019;12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1513-9>.
14. Chen H, Lin Z, Tan C. Application of near-infrared spectroscopy and class-modeling to antibiotic authentication. *Analytical Biochemistry*. 2020;590. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ab.2019.113514>.
15. Wu XH, Wu B, Sun J, Yang N. Classification of apple varieties using near infrared reflectance spectroscopy and fuzzy discriminant c-means clustering model. *Journal of Food Process Engineering*. 2017;40(2). DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12355>.
16. Ma T, Inagaki T, Ban M, Tsuchikawa S. Rapid identification of wood species by near-infrared spatially resolved spectroscopy (NIR-SRS) based on hyperspectral imaging (HSI). *Holzforschung*. 2019;73(4):323–330. DOI: <https://doi.org/10.1515/hf-2018-0128>.
17. Li YJ, Altaner C. Calibration of near infrared spectroscopy (NIRS) data of three *Eucalyptus* species with extractive contents determined by ASE extraction for rapid identification of species and high extractive contents. *Holzforschung*. 2019;73(6):537–545. DOI: <https://doi.org/10.1515/hf-2018-0166>.
18. Kinzner M-C, Wagner HC, Peskoller A, Moder K, Dowell FE, Arthofer W, et al. A near-infrared spectroscopy routine for unambiguous identification of cryptic ant species. *PeerJ*. 2015;3. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.991>.
19. de Azevedo RA, de Moraes JW, Lang C, Dambros CD. Discrimination of termite species using Near-Infrared Spectroscopy (NIRS). *European Journal of Soil Biology*. 2019;93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2019.04.002>.
20. Barbosa TM, de Lima LAS, dos Santos MCD, Vasconcelos SD, Gama RA, Lima KMG. A novel use of infra-red spectroscopy (NIRS and ATR-FTIR) coupled with variable selection algorithms for the identification of insect species (Diptera: Sarcophagidae) of medico-legal relevance. *Acta Tropica*. 2018;185:1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.04.025>.

21. Cao Y, Zhang CJ, Chen QS, Li YY, Qi S, Tian L, et al. Identification of species and geographical strains of *Sitophilus oryzae* and *Sitophilus zeamais* using the visible/near-infrared hyperspectral imaging technique. Pest Management Science. 2015;71(8):1113–1121. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.3893>.

22. Riccioli C, Perez-Marin D, Garrido-Varo A. Identifying animal species in NIR hyperspectral images of processed animal proteins (PAPs): Comparison of multivariate techniques. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. 2018;172:139–149. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2017.12.003>.


23. Pieszczyk L, Czarnik-Matusiewicz H, Daszykowski M. Identification of ground meat species using near-infrared spectroscopy and class modeling techniques – Aspects of optimization and validation using a one-class classification model. Meat Science. 2018;139:15–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.01.009>.

24. Alamprese C, Amigo JM, Casiraghi E, Engelsen SB. Identification and quantification of turkey meat adulteration in fresh, frozen-thawed and cooked minced beef by FT-NIR spectroscopy and chemometrics. Meat Science. 2016;121:175–181. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.018>.

#### Сведения об авторах

##### Новиков Виталий Юрьевич

канд. хим. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии переработки водных биоресурсов, Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 183038, Россия, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, тел.: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [nowitaly@yandex.ru](mailto:nowitaly@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-1733-5838>


##### Барышников Андрей Владимирович

канд. техн. наук, научный сотрудник лаборатории технологии переработки водных биоресурсов, Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 183038, Россия, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, тел.: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [baryshnikov@pinro.ru](mailto:baryshnikov@pinro.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-3267-3050>

##### Рысакова Кира Сергеевна

канд. био. наук, научный сотрудник лаборатории технологии переработки водных биоресурсов, Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 183038, Россия, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, тел.: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [rysakova@pinro.ru](mailto:rysakova@pinro.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-8111-0708>

##### Шумская Надежда Владимировна

специалист лаборатории технологии переработки водных биоресурсов, Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 183038, Россия, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, тел.: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [shumskaya@pinro.ru](mailto:shumskaya@pinro.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-2758-3464>

##### Узбекова Ольга Раилловна


специалист лаборатории технологии переработки водных биоресурсов, Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 183038, Россия, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6, тел.: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [uzbekova@pinro.ru](mailto:uzbekova@pinro.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-6797-5289>

#### Information about the authors


##### Vitaly Yu. Novikov

Cand.Sci.(Chem.), Leading Researcher of the Laboratory of Processing of Aquatic Bioresources, Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 6, Akademika Knipovicha Str., Murmansk, 183038, Russia, phone: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [nowitaly@yandex.ru](mailto:nowitaly@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-1733-5838>

##### Andrey V. Baryshnikov

Cand.Sci.(Eng.), Researcher of the Laboratory of Processing of Aquatic Bioresources, Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 6, Akademika Knipovicha Str., Murmansk, 183038, Russia, phone: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [baryshnikov@pinro.ru](mailto:baryshnikov@pinro.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-3267-3050>


##### Kira S. Rysakova

Cand.Sci.(Bio.), Researcher of the Laboratory of Processing of Aquatic Bioresources, Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 6, Akademika Knipovicha Str., Murmansk, 183038, Russia, phone: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [rysakova@pinro.ru](mailto:rysakova@pinro.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-8111-0708>


##### Nadezhda V. Shumskaya

Specialist of the Laboratory of Processing of Aquatic Bioresources, Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 6, Akademika Knipovicha Str., Murmansk, 183038, Russia, phone: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [shumskaya@pinro.ru](mailto:shumskaya@pinro.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-2758-3464>

##### Olga R. Uzbekova

Specialist of the Laboratory of Processing of Aquatic Bioresources, Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 6, Akademika Knipovicha Str., Murmansk, 183038, Russia, phone: +7 (8152) 40-26-00, e-mail: [uzbekova@pinro.ru](mailto:uzbekova@pinro.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-6797-5289>



## Разработка программного продукта для автоматизации учета несоответствий и нарушений критических пределов на производстве

Н. Б. Трофимова<sup>1,\*</sup>, Е. О. Ермолаева<sup>1</sup>, И. Е. Трофимов<sup>2</sup>



<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

<sup>2</sup> ООО «Калитеро»,  
123060, Россия, Москва, ул. Маршала Рыбалко, 2

Дата поступления в редакцию: 27.12.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

\*e-mail: [koptelovanat@yandex.ru](mailto:koptelovanat@yandex.ru)



© Н. Б. Трофимова, Е. О. Ермолаева, И. Е. Трофимов, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Внедрение современных методов менеджмента на пищевых предприятиях является ответом на вызовы времени и законодательно закрепленной необходимостью. Для повышения результативности и эффективности управляющих воздействий в рамках систем менеджмента безопасности пищевой продукции целесообразно использовать статистические методы и информационные технологии, объединение которых даст максимальные возможности передовым организациям.

**Объекты и методы исследования.** Изучен рынок готовых высокотехнологичных решений вопроса автоматизации процессов, внедряемых или действующих систем менеджмента, в том числе основанных на принципах ХАССП, определена необходимость разработки программного продукта для учета и анализа несоответствий в рамках процессов и выхода контролируемых параметров за допустимые пределы в критических контрольных точках производства.

**Результаты и их обсуждение.** На примере предприятия пищевой отрасли (мясоперерабатывающей промышленности) изучен процесс учета несоответствий и нарушения допустимых пределов в критических контрольных точках. Разработан универсальный программный продукт, позволяющий операторам вносить в систему сведения о нарушениях и простоях, а руководителям бригад и подразделений выявлять и устранять причины несоответствий, контролировать технологические процессы и получать своевременные отчеты по интересующему набору данных.

**Выводы.** В ходе апробации программного обеспечения в условиях производственного цеха была изучена динамика изменения затрат рабочего времени специалистов на фиксацию замечаний и работы по их анализу и устранению. Она показала сокращение потерь временных ресурсов на 6,77 % у операторов и на 2,4 % у линейных руководителей. Программа может применяться специалистами предприятия, внедряющими и поддерживающими систему менеджмента предприятия. Имеет практическую значимость у профильных предприятий Кузбасса.

**Ключевые слова.** Информационные технологии, автоматизирование, регистрация, отклонение, качество, безопасность

**Финансирование.** Работа выполнена на базе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», разработка программного продукта финансировалась из собственных средств.

**Для цитирования:** Трофимова, Н. Б. Разработка программного продукта для автоматизации учета несоответствий и нарушений критических пределов на производстве / Н. Б. Трофимова, Е. О. Ермолаева, И. Е. Трофимов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 167–175. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-167-175>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Development of a Software Product for the Automation of Hazard Analysis and Critical Control Points in Food Production

N.B. Trofimova<sup>1,\*</sup>, E.O. Ermolaeva<sup>1</sup>, I.E. Trofimov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

<sup>2</sup> LLC Kalitero,  
2, Marshal Rybalko Str., Moscow, 123060, Russia

Received: December 27, 2019  
Accepted: March 03, 2020

\*e-mail: [koptelovanat@yandex.ru](mailto:koptelovanat@yandex.ru)



## Abstract.

*Introduction.* The introduction of modern management methods in food enterprises is a response to the challenges of time and an institutionalized requirement. Statistical methods and information technologies can improve control in food safety management systems. Their combination provides maximum opportunities for leading food industry organizations.

*Study objects and methods.* The research featured the market of ready-made high-tech solutions in process automation and existing management systems, including those based on the principles of Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP). The study revealed a need for a software product for HACCP in food production.

*Results and discussion.* The paper describes a case of a meat processing plant and how the management controls the HACCP. The authors developed a universal software product that allows operators to enter information about violations and downtimes into the system. Using this product, team leaders and department heads can easily identify and eliminate the causes of hazards while controlling technological processes and receiving timely reports.

*Conclusion.* The software was tested in a production workshop to identify the time specialists need respond to comments and solve problems. The obtained data showed a decrease in loss of time resources by 6.77% for operators and 2.4% for line managers. The highly adaptable program can be used by specialists who work with management systems for food enterprises of Kuzbass. The IBM PC-compatible software product (2.2 MB) makes it possible to work in various Microsoft Windows operating systems and use Microsoft SQL Server 2012 to store data. The computer program was successfully registered with the Federal Service for Intellectual Property (State Registration Certificate No. 2018665743 of 12/10/2018).

**Keywords.** Information technology, automation, registration, rejection, quality, security

**Funding.** The research was performed on the premises of the Kemerovo State University and was funded from own funds.

**For citation:** Trofimova NB, Ermolaeva EO, Trofimov IE. Development of a Software Product for the Automation of Hazard Analysis and Critical Control Points in Food Production. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):167–175. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-167-175>.

## Введение

Темпы развития современной экономики постоянно ускоряются. Необходимостью, обеспечивающей сохранение и усиление позиций на рынке, а иногда и определяющей вопрос самого существования, для предприятий всех отраслей промышленности становится постоянное повышение собственной конкурентоспособности через повышение качества поставляемой продукции или оказываемых услуг, оптимизацию затрат всех видов ресурсов, сокращение вредного воздействия на окружающую среду. Кроме того, к этим мерам представителей бизнеса толкают постоянно ужесточающиеся нормы законодательства (трудового, экологического и др.). Каждая организация выбирает свой вектор развития и инструменты, помогающие достичь намеченных целей: проверенные годами международные стандарты (ISO 9001, ISO 14001, ISO 22000), признанные практики (стандарт GMP (Good Manufacturing Practice, Надлежащая производственная практика)), отраслевые требования, достижения мировых лидеров в своей сфере или новейшие и еще не апробированные разработки [4]<sup>1</sup>. Большинство этих подходов («бережливое производство», системы менеджмента качества и безопасности пищевой продукции) предписывают предприятиям извлекать положительный опыт из негативных ситуаций и

несоответствий, выявляемых в производственных и управленческих процессах, путем глубокого анализа и устранения причин, вызванных за собой нарушение установленных требований.

Для организаций, задействованных в цепочке поставки пищевой продукции, обязательным к выполнению является Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011), обязывающий производителей разработать, внедрить и поддерживать в рабочем состоянии систему менеджмента, основанную на принципах ХАССП (HACCP). Данная система включает выявление угроз безопасности конечной продукции для потребителя, анализ рисков, установление в производственном процессе критических контрольных точек, выбор предельно допустимых значений для параметров, подлежащих мониторингу, средств и способов их контроля и учета, определение необходимой коррекции и корректирующих действий в случае нарушения критических пределов, а также формирование прослеживаемости данных, подтверждающих отсутствие опасностей на каждой производственной операции.

Когда речь идет о крупном предприятии, располагающем несколькими производственными линиями, внушительной номенклатурой продукции и большим количеством сотрудников, актуальным становится вопрос своевременности принятия управленческих решений, основанных на фактическом состоянии дел в производственных под-

<sup>1</sup> ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. М. : Стандартинформ, 2018. – 32 с.

разделениях. Необходимо универсальное решение, позволяющее, с одной стороны, обеспечить доступ высшего руководства компании к актуальной информации о состоянии системы, обеспечивающей безопасность, а с другой – собирать и систематизировать данные по различным нарушениям с целью минимизации их количества в дальнейшем. Эта потребность обуславливает актуальность разработки программного продукта, включающего в себя сочетание современных информационных технологий и достоверных статистических методов [6–10, 14–23]<sup>2</sup>.

Целью работы является разработка программного продукта «Учет опасных факторов и несоответствий процессов производства пищевой продукции», обеспечивающего обмен информацией о зарегистрированных отклонениях по показателям качества и безопасности продукции, о нарушениях в процессах системы менеджмента между структурными подразделениями и единицами руководящего состава крупного предприятия или холдинга и позволяющего проводить мониторинг и анализ выбранных процессов.

#### Объекты и методы исследования

Изучив рынок программных продуктов, обеспечивающих автоматизацию учета несоответствий, был сделан вывод о том, что поставленная цель может быть достигнута с использованием специализированных информационных систем или платформы 1С:Предприятие (с доработками) [6, 7]. Преимуществом использования готовых решений является экономия времени при разработке ПО и возможность применения уже систематизированного опыта организаций, выраженного в готовых формах. К недостаткам можно отнести высокую стоимость приобретения лицензии и отсутствие возможности оперативного внесения изменений в формы программы для адаптации под нужды конкретного предприятия. На основании данного анализа было принято решение о разработке собственного программного продукта, полностью отвечающего потребностям предприятия и его системе менеджмента.

На стадии проектирования были выделены следующие функции разрабатываемого продукта: регистрация возникшего несоответствия оператором (с описанием последствий несоответствия), указание этапа производства и спровоцировавшего указанное несоответствие опасного фактора. Программа должна производить регистрацию данных в едином реестре, присваивая каждой записи порядковый номер (id), фиксируя дату и время возникновения несоответствия, а также данные оператора, зарегистрировавшего несоответствие.

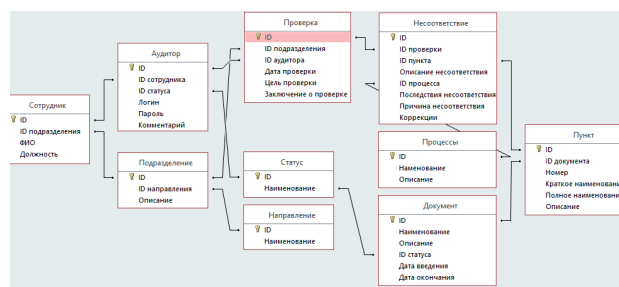


Рисунок 1. Обобщенная схема данных программного продукта «Учет опасных факторов и несоответствий процессов производства пищевой продукции»

Figure 1. Generalized data chart of the software product “HACCP in food production processes”

По запросу пользователя собранные данные должны автоматически формироваться в отчеты – как текстовые, так и в виде графика (диаграммы), демонстрирующие все данные в виде графического отображения с пояснениями. На основе такого отчета можно сделать вывод о частоте возникновения несоответствий, провоцирующих нарушения опасных факторах, а также иметь представление о динамике возникновения опасностей.

Обобщенная схема данных программного продукта «Учет опасных факторов и несоответствий процессов производства пищевой продукции» представлена на рисунке 1.

В проектируемой системе предусматривались следующие возможности:

- авторизация пользователей трех уровней;
- добавление несоответствий, указание их причин, последствий, сведений о коррекциях и корректирующих действиях по ним;
- фильтрация записей о несоответствиях по их параметрам;
- выгрузка отчетов в документы Microsoft Excel и Microsoft Word.

Программный продукт должен позволять ранжировать пользователей по 3 категориям: оператор, руководитель, администратор. Функционал для каждой категории должен соответствовать распределяемым функциям. Оператор несет ответственность за регистрацию данных об обнаруженных несоответствиях в производственном процессе, реализацию коррекций/корректирующих действий, внесение соответствующих данных в систему. Руководитель ответственен за установление причины нарушения, оценку результативности проведенных мероприятий, за осуществление контрольных функций. Администратор распределяет роли пользователей первых двух групп, имеет техническую возможность изменять значения заполненных ошибочно полей, управляет содержанием справочников сотрудников, ГОСТов и их пунктов.

<sup>2</sup> ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – 2011. – 242 с.

Возможности внесения служебной информации (направления, подразделения, регистрация пользователей и т. п.) должны соответствовать правам администратора программы. Доступ к отчетам должен быть открыт всем категориям пользователей. Это необходимо для выполнения одного из ключевых принципов менеджмента – «вовлечение сотрудников» через повышение их информированности о результатах собственной работы и ее влиянии на общие показатели эффективности компании<sup>1</sup>. Данные отчеты ежеквартально рассматриваются на заседании рабочей группы ХАССП (группы по качеству и безопасности производимой продукции) и являются исходными данными для ежегодного анализа со стороны руководства предприятия.

Общие системные требования к программному обеспечению сформулированы исходя из имеющейся на предприятии инфраструктуры – совместимость с IBM PC, возможность использования в операционных системах Microsoft Windows XP/Vista/7/8/10, небольшой объем дистрибутива программы (до 100 Мб) для удобства установки на персональные компьютеры пользователей в различных цехах.

### Результаты и их обсуждение

Разработанный IBM PC-совместимый программный продукт соответствует сформулированным в техническом задании предприятия требованиям – позволяет работать в различных операционных системах семейства Microsoft Windows (XP/Vista/7/8/10), использовать для хранения данных СУБД Microsoft SQL Server 2012, занимает 2,2 Мб. Программа для ЭВМ успешно прошла регистрацию в Федеральной службе по интеллектуальной собственности (Свидетельство о государственной регистрации № 2018665743 от 10.12.2018 г.) [8].

После авторизации (рис. 2) пользователь приложения имеет доступ к формам: регистрация несоответствия (рис. 3), анализ несоответствий (рис. 4), отчет о несоответствиях.

Форма регистрации несоответствий содержит автоматически заполняемую информацию о предприятии, данные авторизованного в системе оператора, фиксирующего наблюдения о нарушениях в ходе осуществления процесса.

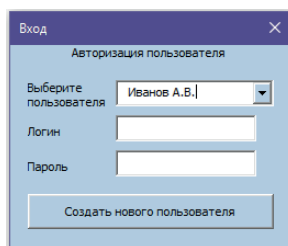


Рисунок 2. Окно авторизации пользователя

Figure 2. User authorization window

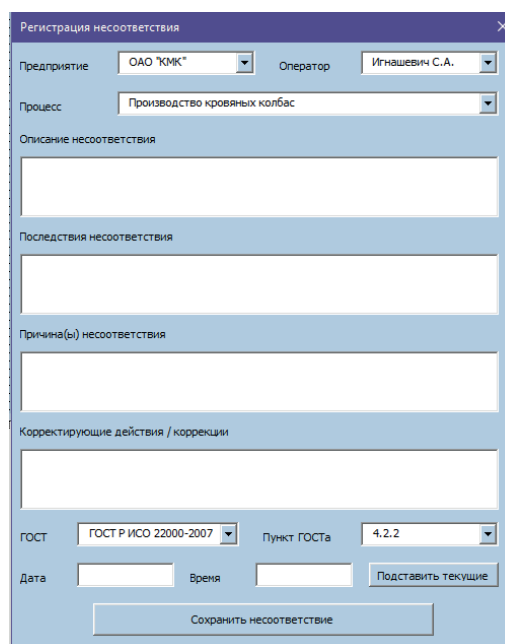


Рисунок 3. Окно регистрации несоответствия

Figure 3. Hazard detection window

Заполняемая оператором и руководством часть формы регистрации несоответствия предполагает внесение следующей информации:

- процесс (технологическая операция);
- описание несоответствия (текстовое поле для фиксации замечания, выявленного в работе);
- последствия несоответствия (фактические негативные явления, отмеченные оператором, и возможные риски в будущем);
- причины, повлекшие за собой фиксируемое несоответствие;

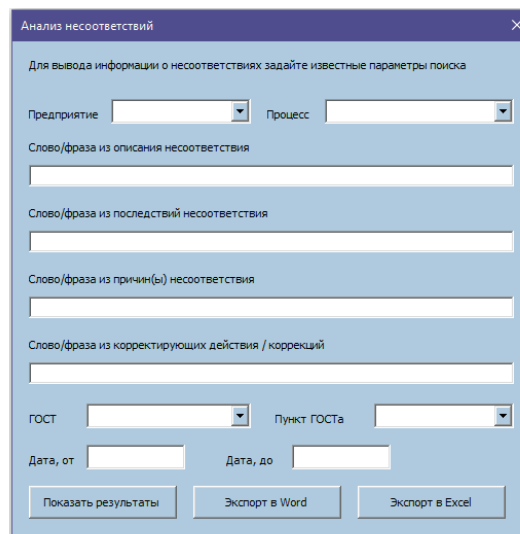


Рисунок 4. Окно анализа несоответствий

Figure 4. Hazard analysis window

корректирующие действия и/или коррекции, принятые по отношению к нарушению допустимых критических пределов;

- обозначение стандарта, требования которого нарушены (в перечислении присутствуют как НД на продукцию, так и на системы менеджмента);
- нарушенный пункт стандарта;
- дата и время с возможностью автоматической подстановки текущего значения.

Программа хранит и систематизирует внесенные сведения, позволяя проводить мониторинг процессов, что является неотъемлемой частью любой внедренной системы менеджмента безопасности пищевой продукции, соответствующей как действующему ГОСТ Р ИСО 22000-2007, так и вновь принятому ISO 22000-2018 [5].

Сортировать и анализировать собранные данные пользователи могут по следующим параметрам: фильтр по названию предприятия; фильтр по процессу (линии, технологии); ключевое слово/выражение из описания несоответствия; ключевое слово/выражение из возможных последствий; ключевое слово/выражение из предполагаемых причин нарушения; ключевое слово/выражение в формулировках мер по устранению замечания и его причин; фильтр по обозначению стандарта; фильтр по разделам и пунктам выбранного ранее стандарта; ограничение выдачи конкретными датами и временем.

Формирование и выдача отчетной информации полностью автоматизирована, что позволяет устранить потери временного ресурса операторов и линейных руководителей предприятия. В программе представлена возможность составить и выгрузить отчет по любым пользовательским параметрам (рис. 4) или быстро получить один из заранее разработанных и формируемых по шаблону отчетов:

- ежесменный/еженедельный/ежемесячный/ежеквартальный отчет о несоответствиях;
- ежесменный/еженедельный/ежемесячный/ежеквартальный отчет по анализу нарушений в ККТ;
- ежесменный/еженедельный/ежемесячный/ежеквартальный отчет по анализу результативности устранения несоответствий и выполнения коррекций;
- еженедельный/ежемесячный/ежеквартальный отчет по анализу корректирующих действий;
- ежеквартальный отчет для заседания рабочей группы ХАССП;
- ежегодный отчет для анализа со стороны руководства;
- выборка данных по несоответствиям смены № X;
- отчет о функционировании ПО (для администратора).

Любые выборки данных и сформированные отчеты могут быть экспортированы в Microsoft Word или Microsoft Excel.

Для апробации разработанного программного продукта был выбран цех мясопереработки № 1

ООО «АГ – Кемеровский мясокомбинат» где уже более полутора лет результативно функционировала внедренная система менеджмента безопасности пищевой продукции. Основные производственные процессы цеха № 1 с указанием количества критических контрольных точек где осуществляется постоянный мониторинг и усиленный ежесменный контроль со стороны начальника цеха:

- сортировка мясного сырья (1 ККТ);
- разделка и обвалка (2 ККТ);
- производство мясной продукции (9 ККТ для разных видов готовой продукции);
- охлаждение (1 ККТ);
- упаковка (0 ККТ);
- транспортировка на склад готовой продукции (1 ККТ);
- хранение и утилизация отходов производства (1 ККТ).

В связи с большим количеством различных технологических процессов и операций в цехе № 1, а также с учетом специфики производства различной номенклатуры продукции разными сменами работников было принято решение о поэтапном внедрении программного продукта.

На первом этапе было проведено картирование всех процессов в цехе, сделаны «фотографии рабочего дня» каждого сотрудника, после чего на рабочие персональные компьютеры всех сотрудников подразделения была установлена разработанная программа «Учет опасных факторов и несоответствий процессов производства пищевой продукции».

Второй этап включал в себя обучение работников принципам заполнения форм и формирования отчетов, были разработаны инструкции для каждой категории пользователей и памятки, размещенные на каждом рабочем месте, оборудованном персональным компьютером.

После ознакомления с функционалом ПО сотрудников начался третий этап – двухмесячный тестовый период эксплуатации системы, во время которого опрашивались пользователи для выяснения пожеланий и рекомендаций, которые были рассмотрены и частично реализованы при следующем релизе ПО.

Апробация проводилась на крупном мясоперерабатывающем предприятии Кузбасса – ООО «АГ – Кемеровский мясокомбинат», входящем в агропромышленный холдинг «Сибирская Аграрная Группа». Объем производства мясопродуктов – 50 тонн в сутки.

Четвертый этап включал оценку результативности и эффективности использования программного продукта. Специалисты службы качества повторно провели анализ затрат рабочего времени сотрудников (через составление «фотографий рабочего дня»), который выявил снижение потерь времени на регистрацию и анализ данных. Замеры проводились в

Таблица 1. Анализ затрат времени работников с учетом использования ПО «Учет опасных факторов и несоответствий процессов производства пищевой продукции»

Table 1. Time costs after using software “HACCP in food production processes”

Категория сотрудников	Количество сотрудников	Категория операций	Время на операции в смену (до внедрения ПО), мин	Время на операции в смену (после внедрения ПО), мин	Изменения времени выполнения операций, мин
Оператор	32	Регистрация данных	120,0	93,0	27,0
		Анализ данных	23,0	21,0	2,0
		Выполнение мероприятий	245,0	242,0	3,0
		Прочее	92,0	91,5	0,5
Руководитель	5	Регистрация данных	17,0	14,5	2,5
		Анализ данных	83,0	74,0	9,0
		Разработка мероприятий	156,0	152,5	3,5
		Выполнение мероприятий	84,0	86,0	-2,0
		Прочее	140,0	141,5	-1,5

каждой из трех смен, работающих в течении недели (7 смен по 8 часов). В таблице 1 представлены усредненные данные анализа

Из данных таблицы 1 видно, что экономия рабочего времени операторов при использовании разработанной программы составляет 32,5 минуты в смену (6,77 % от всего рабочего времени) и достигается за счет замены бумажных журналов фиксации данных на удобную электронную форму. Затраты времени руководителей среднего звена сократились на 11,5 минут на каждый рабочий день (2,4 % рабочего времени) за счет автоматизации анализа и отчетности по выявленным проблемам и остановкам технологических процессов.

Программа имеет высокую степень адаптивности под задачи конкретных производств и может применяться специалистами службы предприятия, внедряющими и поддерживающими систему менеджмента безопасности пищевой продукции или интегрированную систему менеджмента предприятия.

### Выводы

Таким образом, предложены рекомендации по совершенствованию и автоматизации процесса «Учет опасных факторов и несоответствий процессов производства пищевой продукции». Разработаны и апробированы в условиях крупного мясоперерабатывающего предприятия формы и структура хранения и обработки данных, позволяющие повысить результативность процесса управления несоответствиями и сократить затраты времени на учет и отчетность по нарушениям в процессах системы менеджмента.

### Критерий авторства

Н. Б. Трофимова занималась сбором данных и подготовкой к публикации данной статьи, участвовала в создании программного продукта. Е. О. Ермолаева руководила проектом создания и внедрения СМБПП на предприятии, включая автоматизацию процессов учета и анализа данных. И. Е. Трофимов реализовывал проект и внедрение СМБПП на предприятии, включая автоматизацию процессов учета и анализа данных, руководил созданием программного продукта «Учет опасных факторов и несоответствий процессов производства пищевой продукции» и его регистрацией в Роспатенте.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution

N.B. Trofimova collected data, participated in the development of the software, and worked on the manuscript. E.O. Ermolaeva supervised the project for the development and implementation of the Food Safety Management System, including the HACCP automation. I.E. Trofimov implemented the project and the Food Safety Management System at the enterprise, including the HACCP automation, supervised the development of the HACCP software product, and registered it in the Russian federal Agency for Intellectual Property.

### Conflict of interest

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

### Список литературы

1. Ермолаева, Е. О. Идентификация и устранение рисков в жизненном цикле продуктов питания / Е. О. Ермолаева. – Кемерово : КемТИПП, 2015. – 110 с.

2. Трофимова, Н. Б. Применение риск-ориентированного подхода при совершенствовании системы менеджмента на предприятиях агропромышленного комплекса / Н. Б. Трофимова, Е. А. Рубашанова, В. М. Позняковский // АПК России. – 2017. – Т. 24, № 3. – С. 759–763.
3. Muda, I. Influence of human resources to the effect of system quality and information quality on the user satisfaction of accrual-based accounting system / I. Muda, E. Afrina // *Contaduria y Administracion*. – 2019. – Vol. 64, № 2. – P. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1667>.
4. Food safety management systems based on ISO 22000:2018 methodology of hazard analysis compared to ISO 22000:2005 / H. Chen, S. Liu, Y. Chen [et al.] // *Accreditation and Quality Assurance*. – 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00769-019-01409-4>.
5. Разработка программного продукта для обеспечения процесса внутреннего аудита пищевого предприятия / Д. В. Россиева, Е. О. Ермолаева, Н. Б. Трофимова [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2017. – Т. 46, № 3. – С. 135–140.
6. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018666105, Российская Федерация. Экспертная система определения опасностей и контрольных точек производственных процессов по принципам ХАССП / Сурков И. В., Ермолаева Е. О., Россиева Д. В. [и др.]. – № 2018663719; заявл. 30.11.2018.
7. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2017616985, Российская Федерация. Учет и анализ несоответствий внутреннего аудита интегрированной системы менеджмента (Учет и анализ несоответствий внутреннего аудита ИСМ) / Сурков И. В., Ермолаева Е. О., Россиева Д. В. [и др.]. – № 2017611860; заявл. 07.03.2017.
8. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018665743, Российская Федерация. Учет опасных факторов и несоответствий процессов производства пищевой продукции / Прохоров А. А., Ермолаева Е. О., Трофимова Н. Б. [и др.]. – № 2018663675; заявл. 30.11.2018.
9. Keeping data at the edge of smart irrigation networks: A case study in strawberry greenhouses / C. M. Angelopoulos, G. Filios, S. Nikolettseas [et al.] // *Computer Networks*. – 2020. – Vol. 167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2019.107039>.
10. Prosekov, A. Yu. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // *Foods and Raw Materials*. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 201–211. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211>.
11. QSAR/QSPR models based on quantum chemistry for risk assessment of pesticides according to current European legislation / J. J. Villaverde, B. Sevilla-Morán, C. López-Goti [et al.] // *SAR and QSAR in Environmental Research*. – 2020. – Vol. 31, № 1. – P. 49–72. DOI: <https://doi.org/10.1080/1062936X.2019.1692368>.
12. Utilizing software design patterns in product-driven manufacturing system: A case study / D. Drozdov, U. D. Atmojo, C. Pang [et al.] // *Studies in Computational Intelligence*. – 2020. – Vol. 853. – P. 301–312. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27477-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27477-1_23).
13. Assuncao, W. K. G. Automatic extraction of product line architecture and feature models from UML class diagram variants / W. K. G. Assuncao, S. R. Vergilio, R. E. Lopez-Herrejon // *Information and Software Technology*. – 2020. – Vol. 117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.106198>.
14. Product lifecycle management service system / D. Woźniak, B. Gohardani, E. Majchrzak [et al.] // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – Vol. 1035. – P. 525–533. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29035-1\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29035-1_51).
15. Wang, L. Evolutionary game analysis on government supervision and dairy enterprise in the process of product recall in China / L. Wang, C. Liu // *International Journal of Information Systems in the Service Sector*. – 2020. – Vol. 12, № 1. – P. 44–66. DOI: <https://doi.org/10.4018/IJISSS.2020010104>.
16. Project-level audits as part of an effective quality assurance process: Applied practices and relevant lessons learned / M. Değerli, E. K. Özbudak, A. Asli Aytaç [et al.] // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2017. – Vol. 1980. – P. 391–402.
17. Salehi, V. Development of an agile concept for MBSE for future digital products through the entire life cycle management called Munich agile MBSE concept (MAGIC) / V. Salehi // *Computer-Aided Design and Applications*. – 2020. – Vol. 17, № 1. – P. 147–166. DOI: <https://doi.org/10.14733/cadaps.2020.147-166>.
18. Automatic selenium code generation for testing / N. Rathi, R. Srivathsav, R. Chitlangia [et al.] // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2020. – Vol. 1039. – P. 194–200. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30465-2\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30465-2_22).
19. Ekren, B. Y. A simulation-based experimental design for SBS/RS warehouse design by considering energy related performance metrics / B. Y. Ekren // *Simulation Modelling Practice and Theory*. – 2020. – Vol. 98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.101991>.
20. Zeller, A. Functional verification of distributed automation systems: Assisting production line operators by an automated model composition / A. Zeller, N. Jazdi, M. Weyrich // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2019. – Vol. 105, № 9. – P. 3991–4004. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03791-2>.
21. Recognition of fusarium head blight wheat grain based on hyperspectral data processing algorithm / S. Liu, X. Tan, C.-Y. Liu [et al.] // *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi/Spectroscopy and Spectral Analysis*. – 2019. – Vol. 39, № 11. – P. 3540–3546. DOI: [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2019\)11-3540-07](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2019)11-3540-07).
22. Krueger, C. Feature-based systems and software product line engineering with Gears from BigLever / C. Krueger, P. Clements // *ACM International Conference Proceeding Series*. – 2019. DOI: <https://doi.org/10.1145/3307630.3342393>.

23. Gupta, A. Smart control and monitoring of bottle filling system based on SCADA / A. Gupta, S. Maurya, A. Kumar // *International Journal of Recent Technology and Engineering*. – 2019. – Vol. 8, № 2. – P. 2117–2119. DOI: <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1214.0982S1119>.

## References

1. Ermolaeva EO. Identifikatsiya i ustranenie riskov v zhiznennom tsikle produktov pitaniya [Identification and elimination of hazards in the life cycle of food]. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2015. 110 p. (In Russ.).
2. Trofimova NB, Rubashanova EA, Poznyakovskiy VM. Using risk-oriented approach when improving the management system at the enterprises of agro-industrial complex. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2017;24(3):759–763. (In Russ.).
3. Muda I, Afrina E. Influence of human resources to the effect of system quality and information quality on the user satisfaction of accrual-based accounting system. *Contaduria y Administracion*. 2019;64(2):1–24. DOI: <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2019.1667>.
4. Chen H, Liu S, Chen Y, Chen C, Yang H, Chen Y. Food safety management systems based on ISO 22000:2018 methodology of hazard analysis compared to ISO 22000:2005. *Accreditation and Quality Assurance*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00769-019-01409-4>.
5. Rossieva DV, Ermolaeva EO, Trofimova NB, Trofimov IE. Development of software product to support the process of internal audit of a food company. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2017;46(3):135–140. (In Russ.).
6. Surkov IV, Ermolaeva EO, Rossieva DV, Trofimova NB, Trofimov IE. Ehkspertnaya sistema opredeleniya opasnostey i kontrol'nykh tochek proizvodstvennykh protsessov po printsipam KHASHSP [Expert system for determining hazards and control points of production processes according to the principles of HACCP]. Certificate of software registration № 2018666105. 2018.
7. Surkov IV, Ermolaeva EO, Rossieva DV, Trofimova NB, Trofimov IE. Uchet i analiz nesootvetstviy vnutrennego audita integrirovannoy sistemy menedzhmenta (Uchet i analiz nesootvetstviy vnutrennego audita ISM) [Accounting and analysis of hazards of the internal audit of the integrated management system (Accounting and analysis of inconsistencies of the internal audit of the IMS)]. Certificate of software registration № 2017616985. 2017.
8. Prokhorov AA, Ermolaeva EO, Trofimova NB, Trofimov IE. Uchet opasnykh faktorov i nesootvetstviy protsessov proizvodstva pishchevoy produktsii [Hazard analysis and control points in food production processes]. Certificate of software registration № 2018665743. 2018.
9. Angelopoulos CM, Filios G, Nikolettseas S, Raptis TP. Keeping data at the edge of smart irrigation networks: A case study in strawberry greenhouses. *Computer Networks*. 2020;167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2019.107039>.
10. Prosekov AYU, Ivanova SA. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world. *Foods and Raw Materials*. 2016;4(2):201–211. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211>.
11. Villaverde JJ, Sevilla-Moran B, Lopez-Goti C, Alonso-Prados JL, Sandin-Espana P. QSAR/QSPR models based on quantum chemistry for risk assessment of pesticides according to current European legislation. *SAR and QSAR in Environmental Research*. 2020;31(1):49–72. DOI: <https://doi.org/10.1080/1062936X.2019.1692368>.
12. Drozdov D, Atmojo UD, Pang C, Patil S, Ali MI, Tenhunen A, et al. Utilizing software design patterns in product-driven manufacturing system: A case study. *Studies in Computational Intelligence*. 2020;853:301–312. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-27477-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-27477-1_23).
13. Assuncao WKG, Vergilio SR, Lopez-Herrejon RE. Automatic extraction of product line architecture and feature models from UML class diagram variants. *Information and Software Technology*. 2020;117. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.106198>.
14. Woźniak D, Gohardani B, Majchrzak E, Hoti E, Urikova O. Product lifecycle management service system. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020;1035:525–533. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29035-1\\_51](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29035-1_51).
15. Wang L, Liu C. Evolutionary game analysis on government supervision and dairy enterprise in the process of product recall in China. *International Journal of Information Systems in the Service Sector*. 2020;12(1):44–66. DOI: <https://doi.org/10.4018/IJISS.2020010104>.
16. Değerli M, Özbudak EK, Asli Aytaç A, Nur Çolakoğlu F, Demirel OE. Project-level audits as part of an effective quality assurance process: Applied practices and relevant lessons learned. *CEUR Workshop Proceedings*. 2017;1980:391–402.
17. Salehi V. Development of an agile concept for MBSE for future digital products through the entire life cycle management called Munich agile MBSE concept (MAGIC). *Computer-Aided Design and Applications*. 2020;17(1):147–166. DOI: <https://doi.org/10.14733/cadaps.2020.147-166>.
18. Rathi N, Srivathsav R, Chitlangia R, Pachghare VK. Automatic selenium code generation for testing. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020;1039:194–200. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-30465-2\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-030-30465-2_22).
19. Ekren BY. A simulation-based experimental design for SBS/RS warehouse design by considering energy related performance metrics. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2020;98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.101991>.
20. Zeller A, Jazdi N, Weyrich M. Functional verification of distributed automation systems: Assisting production line operators by an automated model composition. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2019;105(9):3991–4004. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03791-2>.



21. Liu S, Tan X, Liu C-Y, Zhu C-L, Li W-H, Cui S, et al. Recognition of fusarium head blight wheat grain based on hyperspectral data processing algorithm. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi/Spectroscopy and Spectral Analysis*. 2019;39(11):3540–3546. DOI: [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2019\)11-3540-07](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2019)11-3540-07).

22. Krueger C, Clements P. Feature-based systems and software product line engineering with Gears from BigLever. *ACM International Conference Proceeding Series*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1145/3307630.3342393>.

23. Gupta A, Maurya S, Kumar A. Smart control and monitoring of bottle filling system based on SCADA. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019;8(2):2117–2119. DOI: <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1214.0982S1119>.

#### Сведения об авторах

##### **Трофимова Наталья Борисовна**

канд. техн. наук, доцент кафедры управления качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (951) 616-57-75, e-mail: [koptelovanat@yandex.ru](mailto:koptelovanat@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-8675-4983>

##### **Ермолаева Евгения Олеговна**

д-р. техн. наук, профессор кафедры управления качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: [eeo38191@mail.ru](mailto:eeo38191@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-2312-7955>

##### **Трофимов Иван Евгеньевич**


программист, ООО «Калитеро», 123060, Россия, Москва, ул. Маршала Рыбалко, 2, тел.: +7 (903) 907-66-49, e-mail: [iam@ivan-trofimov.ru](mailto:iam@ivan-trofimov.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-5058-2991>

#### Information about the authors


##### **Natalia B. Trofimova**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Quality Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (951) 616-57-75, e-mail: [koptelovanat@yandex.ru](mailto:koptelovanat@yandex.ru)

 <https://orcid.org/0000-0002-8675-4983>


##### **Evgenia O. Ermolaeva**

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Quality Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: [eeo38191@mail.ru](mailto:eeo38191@mail.ru)

 <https://orcid.org/0000-0003-2312-7955>

##### **Ivan E. Trofimov**

Programmer, LLC Kalitero, 2, Marshal Rybalko Str., Moscow, 123060, Russia, phone: +7 (903) 907-66-49, e-mail: [iam@ivan-trofimov.ru](mailto:iam@ivan-trofimov.ru)

 <https://orcid.org/0000-0001-5058-2991>

## Особенности предпочтений людей пожилого и старческого возраста при формировании рациона

Н. Ю. Рубан\*<sup>ORCID</sup>, И. Ю. Резниченко<sup>ORCID</sup>



Дата поступления в редакцию: 25.12.2019  
Дата принятия в печать: 23.03.2020

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,  
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

\*e-mail: natali2603@mail.ru



© Н. Ю. Рубан, И. Ю. Резниченко, 2020

### Аннотация.

**Введение.** Геродиетические продукты при формировании рациона имеют большое значение, т. к. являются одним из факторов здорового образа жизни и продления долголетия. Поэтому при проектировании и разработке продуктов питания специального назначения необходимо учитывать возрастные проблемы и особенности потребительских предпочтений. Целью работы является изучение потребительских предпочтений в отношении геродиетических продуктов питания путем сбора, обработки и анализа данных маркетинговой информации.

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования стали статистические данные. Потребительские предпочтения анализировали у потребителей продуктов питания в возрасте от 60 до 77 лет включительно. При проведении исследований применяли методы анализа, систематизации статистической и научной информации, сравнения и обобщения, метод опроса при маркетинговых исследованиях.

**Результаты и их обсуждение.** Проанализированы структура и динамика возрастного-полового состава исследуемой категории населения Кемеровской области в период с 2017 по 2019 гг. Установлено, что численность людей пожилого возраста увеличилась, по сравнению с 2017 годом, на 5 %. Наблюдается стабильное количественное преимущество женского населения, которое на начало 2017 года составляло 64,9 %, а на начало 2019 г. – 64,8 %. В ежедневный рацион большинства участников опроса входят крупы, молочные продукты и овощи. Большая часть респондентов (47 %) употребляет молочную продукцию. Основным фактором, который влияет на покупку молочных продуктов, респонденты назвали стоимость (72 %).  
**Выводы.** Представлены данные результатов маркетингового исследования, выявлены факторы, влияющие на выбор категории товаров целевой аудиторией. Эти данные необходимы для практической реализации концепции формирования рационального ассортимента продуктов геродиетического назначения на потребительском рынке г. Кемерово.

**Ключевые слова.** Питание, геродиетические продукты, потребительские предпочтения, критерии выбора продукта, ассортимент

**Для цитирования:** Рубан, Н. Ю. Особенности предпочтений людей пожилого и старческого возраста при формировании рациона / Н. Ю. Рубан, И. Ю. Резниченко // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 1. – С. 176–184. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-176-184>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

## Preferences of People of Advanced and Gerontic Age in Diet Formation

N.Yu. Ruban\*<sup>ORCID</sup>, I.Yu. Reznichenko<sup>ORCID</sup>

Received: December 25, 2019  
Accepted: March 03, 2020

Kemerovo State University,  
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

\*e-mail: natali2603@mail.ru



© N.Yu. Ruban, I.Yu. Reznichenko, 2020

### Abstract.

**Introduction.** Currently, the food market is replenished with new types of specialized food products intended for nutrition of certain population categories. Gerodietetic products are important in forming the diet for senior citizens. Therefore, gerodietetic foods are a factor of healthy lifestyle and active longevity. Functional food products should be based on age-related issues and consumer preferences. Aging weakens assimilative processes in organs and tissues, slows down the rate of redox reactions, and restructures the system of metabolism and body functions. Thus, people of advanced and gerontic age need to consume appropriate amount of

vitamins and minerals, as their deficiency plays a decisive role in the development of age-related diseases. As a result, scientific justification and development of functional food products for this category is extremely important. The research objective was to study consumer preferences in relation to gerodietetic food products by collecting, processing, and analyzing marketing data.

*Study objects and methods.* The research featured statistical data, as well as information obtained from consumers aged 60–77, residents of the Kemerovo region. The study involved methods of analysis, systematization of statistical and scientific information, comparison and generalization, as well as a marketing survey method.

*Results and discussion.* The research started with an analysis of the structure and dynamics of the age-sex composition of the population in 2017–2019. The number of the elderly increased by 5% compared to 2017. The analysis also showed a stable quantitative prevalence of female population, i.e. 64.9% in 2017 and 64.8% in 2019. The daily diet of most survey participants included cereals, dairy products, and vegetables. The survey helped to identify the purchase factors. Price proved to be the main factor when choosing dairy products (72%). Most respondents (47%) consume dairy products daily.

*Conclusion.* The marketing research defined the purchase factors for people of advanced and gerontic age in choosing food products. The obtained data can help to improve the gerodietetic products on the consumer market of Kemerovo.

**Keywords.** Nutrition, gerodietetic products, assortment, consumer preferences, product selection criteria

**For citation:** Ruban NYu, Reznichenko IYu. Preferences of People of Advanced and Gerontic Age in Diet Formation. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(1):176–184. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-1-176-184>.

### Введение

Российский рынок продуктов специального назначения динамично пополняется новыми видами продукции, которая является востребованной у потребителей. Увеличение средней продолжительности жизни в современном мире предопределяет разработку продукции геродиетического назначения, внедрение современных технологий, использование в рецептурах новых видов сырья и пищевых добавок. Это позволяет получить конкурентоспособные продукты, отвечающие изменяющимся потребностям пожилых людей. Согласно докладу Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), благодаря успехам медицины, позволяющим большему числу людей жить дольше, ожидается, что к 2050 г. число людей старше 60 лет удвоится и это потребует кардинальных социальных перемен [1].

Геродиетические продукты питания (gerodietetic food products) – это продукты питания, предназначенные для стареющего организма и способствующие задержке процессов старения [2].

Согласно возрастной классификации ВОЗ люди возрастной категории от 60 до 75 лет относятся к людям пожилого возраста, от 75 до 90 лет – старческому возрасту, после 90 лет – долгожители.

Важным условием долголетия, сохранения здоровья, трудоспособности и бодрости является рациональное питание. Питание – один из основных факторов внешней среды, который оказывает существенное влияние на здоровье человека.

Организационные аспекты питания, принципы режима приема пищи, обеспечение сбалансированности всех нутриентов и понимание роли диеты по лечебному эффекту на организм пожилых людей при различных заболеваниях составляют основу геронтологии. Обеспечение потребностей организма в пищевых веществах и энергии, нормализация функционального состояния органов и обменных процессов, нарушенных в связи с физиологическим

старением и сопутствующими заболеваниями, является основной целью питания пожилых людей [3–8].

Постепенное снижение общей калорийности питания по мере старения организма – одно из наиболее важных требований геродиететики. Снижение калорийности питания является адаптационной потребностью старости. Также следует учитывать то, что возрастные особенности обменных процессов в пожилом возрасте требуют большей индивидуализации питания. Рекомендации калорической потребности в пище людей старших возрастов согласуются с известными процессами, характеризующими старение: снижение величины основного обмена, величины активной (мышечной) массы тела, замедление интенсивности обменных процессов, физиологических реакций и других показателей жизнедеятельности организма [9–16].

Важна и антиатеросклеротическая направленность пищевого рациона. Она может быть достигнута, с одной стороны, за счет снижения общей энергетической ценности питания, а с другой – за счет включения в пищевой рацион продуктов, оказывающих нормализующее влияние на процессы липохолестеринового обмена. Рекомендуется увеличивать долю растительных жиров (по сравнению с животными) в суточном рационе, принимая во внимание данные о гипохолестеринемическом эффекте полиненасыщенных жирных кислот, увеличивать потребление продуктов, содержащих активные метильные группы, оказывающих липотропный эффект (морепродукты и молочные продукты), а также в достаточном количестве употреблять овощи и фрукты [17, 18].

Важнейшей задачей является обеспечение организма пожилых людей необходимым количеством витаминов и минералов. Дефицит кальция приводит к распространенному серьезному заболеванию среди рассматриваемой группы населения – остеопорозу [19–21].



Рисунок 1. Структура населения пожилого и старческого возраста Кемеровской области

Figure 1. Population structure for citizens of advanced and gerontic age in the Kemerovo region

Вышеизложенные принципы должны быть учтены при разработке продуктов геродиетического назначения. Важным значением при разработке новых геродиетических продуктов является удовлетворение потребностей людей пожилого возраста в пищевой продукции с учетом индивидуальных предпочтений и возрастных изменений организма.

Цель работы – изучение потребительских предпочтений в отношении геродиетических продуктов питания путем сбора, обработки и анализа данных маркетинговой информации, которая является необходимой для разработки новых видов специализированной продукции, формирования рационального ассортимента и удовлетворения потребительского спроса.

Для достижения цели решали следующие задачи:

- проанализировать структуру исследуемой категории населения Кемеровской области на начало 2019 г.;
- определить тенденции численности населения пожилого и старческого возраста за 2017–2019 гг.;
- выявить особенности потребления и предпочтения потребителей к виду продукции;
- установить основные критерии выбора продукции;

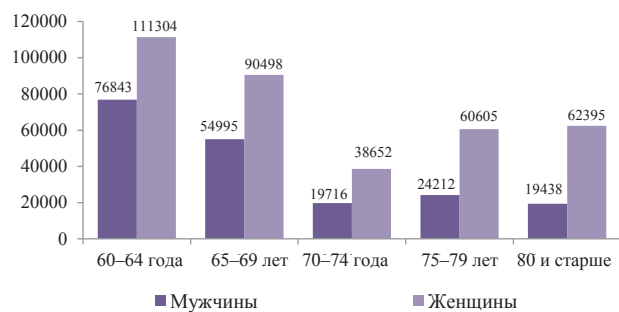


Рисунок 2. Возрастно-половой состав населения Кемеровской области на начало 2017 г.

Figure 2. Age-sex composition of the population of the Kemerovo region by early 2017

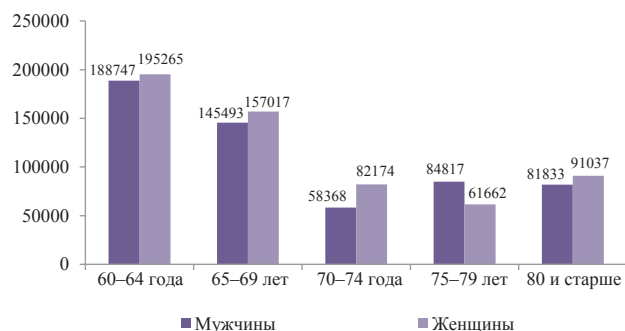


Рисунок 3. Возрастно-половой состав населения Кемеровской области на начало 2019 г.

Figure 3. Age-sex composition of the population of the Kemerovo region by early 2019

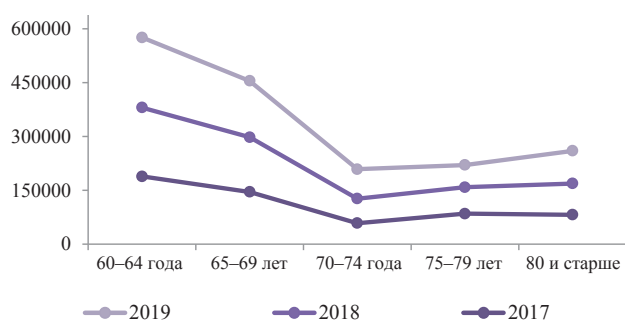


Рисунок 4. Динамика возрастного-полового состава населения Кемеровской области за 2017–2019 гг.

Figure 4. Dynamics of the age-sex composition of the population of the Kemerovo region in 2017–2019

- выявить динамику потребительских предпочтений в отношении молочной продукции;
- определить вероятность приобретения новой обогащенной продукции геродиетического назначения.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования стали статистические данные. Потребительские предпочтения анализировали у потребителей продуктов питания в возрасте от 60 до 77 лет включительно. В работе применяли методы анализа и систематизации статистической и

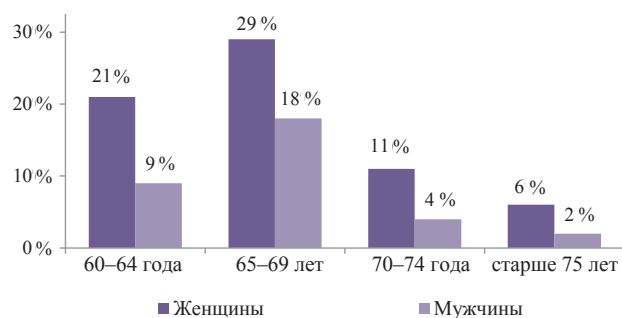


Рисунок 5. Распределение респондентов по возрасту

Figure 5. Age distribution of the respondents

научной информации, сравнения и обобщения, метод опроса при маркетинговых исследованиях.

### Результаты и их обсуждение

Анализ статистических данных возрастного-полового состава населения Кемеровской области на начало 2019 г. позволяет сделать вывод о том, что численность людей пожилого возраста увеличилась, по сравнению с 2017 г., на 5 % (рис. 1) [20].

Наблюдается стабильное количественное преимущество женского населения, которое на начало 2017 г. составляло 64,9 %, а на начало 2019 г. – 64,8 %.

При сравнении статистических данных за 2017–2019 гг. установлено, что прирост численности пожилых людей в возрасте 60–64 года составил 3,45 %, 65–69 лет – 7,92 %, 70–74 года – 41 %, 75–79 лет – 27 %, 80 лет и старше – 11,2 % (рис. 2, 3). Можно проследить закономерность – численность населения в возрасте 70–74 года ниже, по сравнению с другими возрастными категориями, но при этом динамика в равной степени проявляется в 2017, 2018 и 2019 годах.

Наибольший рост численности населения (41 %) отмечен именно в возрастном сегменте 70–74 года по сравнению с данными за 2017 г. (рис. 4).

Таким образом, следует учитывать результаты анализа структуры населения пожилого и старческого возраста при проведении дальнейших исследований, рационального формирования выборки респондентов и учета их индивидуальных потребностей.

Маркетинговое исследование проводили методом опроса. Целевая аудитория составила 200 человек, опрос проходил на базе городского лечебного учреждения. В опросе приняли участие 67 % женщин и 33 % мужчин в возрасте от 60 до 77 лет включительно. Распределение респондентов по возрасту приведено на рисунке 5.

Выявили основные пищевые продукты, которые входят в ежедневный рацион респондентов (рис. 6).

Установлено, что в ежедневный рацион большинства участников опроса входят крупы, молочные продукты и овощи. Фрукты ежедневно употребляют 17 % респондентов, что связано с

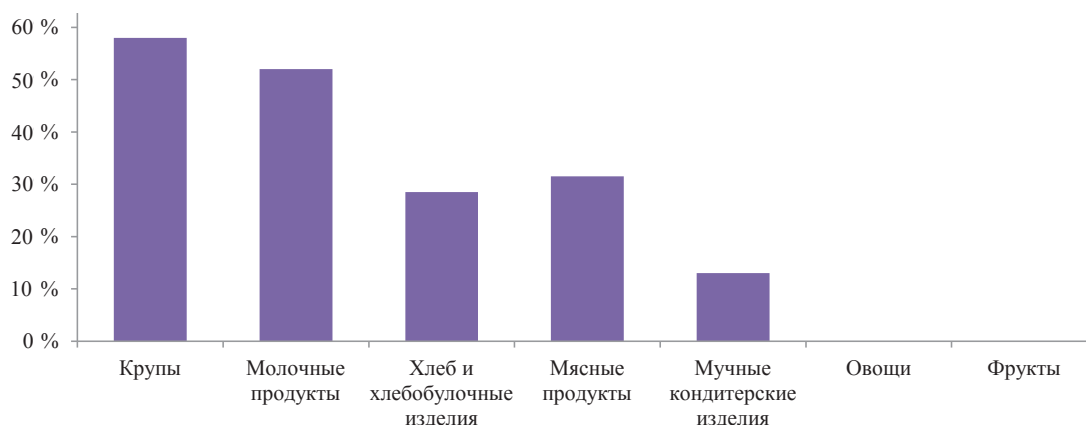


Рисунок 6. Продукты, входящие в ежедневный рацион респондентов

Figure 6. Foods included in the daily diet of the respondents



Рисунок 7. Доля молочной продукции в рационе

Figure 7. Dairy products in the diet



Рисунок 8. Факторы, влияющие на решение о покупке молочных продуктов

Figure 8. Factors affecting the purchase intent concerning dairy products

низкой покупательской способностью данной категории населения. Мучные кондитерские изделия пользуются наименьшим спросом, что объясняется изменением вкусовых предпочтений и возрастными заболеваниями, например, сахарным диабетом.

Большая часть респондентов (47 %) употребляет ежедневно молочную продукцию. Согласно результатам ранее проведенных исследований (2017 г.) наиболее популярными молочными продуктами среди исследуемой категории населения являлись молоко, сметана и творог [21]. При сравнении этих данных с результатами исследований в 2019 г. удалось проследить динамику (рис. 7).

Установлено, что наиболее востребованным молочным продуктом среди рассматриваемой категории населения является молоко, которое респонденты употребляют в натуральном виде и используют для приготовления блюд, например, каш. Стоит отметить, что количество респондентов, предпочитающих молоко, сократилось на 18 % по сравнению с 2017 годом. Кефир и творог выбрали 41 % и 39 % респондентов. В 2017 году эти показатели были выше на 8 % и 47 % соответственно. Значительное сокращение числа потенциальных потребителей творога можно объяснить подоро-

жанием продукта за последние два года. 18 % опрошенных предпочитают кисломолочные напитки, такие как ряженка, варенец, снежок, йогурт. Прослеживается отрицательная динамика по количеству респондентов, предпочитающих сметану и кисломолочные продукты. В среднем показатели снизились в два раза. Сыры и сливочное масло являются дорогостоящими продуктами. Этим объясняется стабильно низкий спрос среди респондентов.

Выявлены факторы, влияющие на покупку продуктов питания, результаты представлены на рисунке 8.

Результаты исследования свидетельствуют о том, что основным фактором при выборе молочных продуктов является стоимость (72 %). Также среди значимых критериев отмечен производитель – 48 % респондентов предпочитают приобретать товар конкретного производителя, качеству которого он доверяет. Установлено, что реклама не оказывает значительного влияния на выбор молочной продукции для данной группы населения в силу возраста. Респонденты отдают предпочтение проверенному качеству и низкой стоимости. При этом большинство респондентов предпочитают

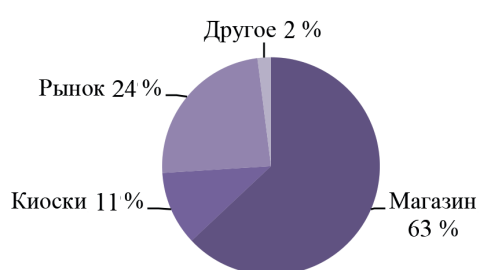


Рисунок 9. Предпочтение респондентов относительно места приобретения молочных продуктов

Figure 9. Preferences of the respondents regarding the place where they purchase dairy products



Рисунок 10. Распределение потребительских предпочтений в отношении вида творога

Figure 10. Distribution of consumer preferences regarding the type of cottage cheese



Рисунок 11. Потребительские предпочтения относительно массовой доли жира творога

Figure 11. Consumer preferences for the mass fraction of fat in cottage cheese

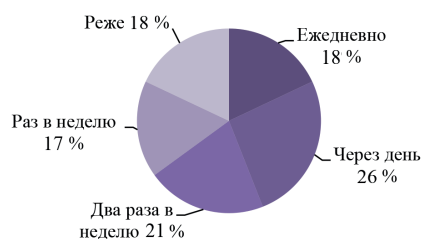


Рисунок 12. Регулярность употребления творога

Figure 12. Frequency of cottage cheese purchase

продукцию местных производителей (Кемерово, Плотниково, Анжеро-Судженск). 22 % приобретают молочную продукцию фермерских хозяйств.

Выявлены предпочтительные места приобретения молочных продуктов (рис. 9).

Чаще всего респонденты приобретают молочные продукты в магазинах (63 %). 24 % участников предпочитает совершать покупки на рынках.

Ежегодное увеличение числа пожилых людей, страдающих остеопорозом, диктует необходимость коррекции макро- и микроэлементного состава рациона [1, 3]. Молочные продукты являются естественным источником кальция, содержат большое количество белка, поэтому эта группа продуктов рекомендуется для ежедневного потребления людям пожилого и старческого возраста [22]. Творог – низкокалорийный диетический продукт, в 100 граммах содержится 14–18 % белка. Продукт отличается высоким содержанием кальция и фосфора. В исследовании было выявлено предпочтение пожилых людей к творогу. Результаты исследования свидетельствуют о том, что большинство респондентов (61 %) предпочитает традиционный творог, наименьшим предпочтением пользуются творожные сырки (рис. 10). Потребители отдают предпочтение творогу средней жирности (5 %), на втором месте по популярности творог с массовой долей жира 2 % (рис. 11).

Установлено, что 18 % потребителей включает творог в свой ежедневный рацион. Большая часть респондентов (26 %) употребляет этот продукт 3 раза в неделю (рис. 12).

На вопрос о желании приобретать специализированную продукцию, предназначенную для питания пожилых людей, 41 % респондентов ответили положительно, 23 % участников дали отрицательный ответ, 36 % затруднились ответить.

Исследование информированности среди рассматриваемой категории населения о необходимости коррекции рациона в пожилом возрасте показало, что 41 % респондентов знают об этом и используют эти знания при формировании своего рациона. Остальные 59 % не задумываются о возможности воздействия на здоровье через питание.

## Выводы

Анализ статистических данных возрастно-полового состава населения Кемеровской области на начало 2019 г. позволяет сделать вывод о том, что численность людей пожилого возраста увеличилась по сравнению с 2017 годом. Количество людей в возрасте 60–64 года возросло на 3,45 %, 65–69 лет – на 7,92 %, 70–74 года – на 41 %, 75–79 лет – на 27 %, 80 лет и старше на 11,2 %. Выявлена закономерность – численность населения в возрасте 70–74 года ниже, по сравнению с другими возрастными сегментами, но данная динамика в равной степени проявлялась в 2017, 2018 и 2019 годах.

Среди жителей города Кемерово пожилого возраста в ежедневный рацион у 58 % опрошенных входят крупы, у 52 % – молочные продукты, у 38 % овощи. Несмотря на то, что молочная продукция пользуется стабильным спросом у рассматриваемой категории населения, в условиях сохраняющегося повышения цен потребители все чаще стали делать выбор в пользу традиционных и более дешевых молочных продуктов (молоко, кефир и т. п.), отказывая себе в потреблении дорогостоящих сыров и сливочного масла. Творог включают в ежедневный рацион 18 % опрошенных. При этом они предпочитают традиционный творог 5 % жирности. Среди важных критериев выбора продуктов питания отмечены цена и производитель – потребители отдают предпочтение проверенному качеству и низкой стоимости. Большинство респондентов (63 %) предпочитают приобретать продукты питания в магазинах.

Необходимо учесть перечисленные факторы для формирования ассортимента специализированных продуктов, предназначенных для питания лиц пожилого возраста. Полученные данные могут найти практическую реализацию при формировании рационального ассортимента продуктов геродиетического назначения на потребительском рынке г. Кемерово. Данные могут быть востребованы специалистами медицинских и лечебно-профилактических учреждений для оптимизации рациона людей пожилого возраста. Активное долголетие в России – приоритетный правительственный проект призванный обеспечить пожилым

гражданам улучшение качества жизни. В связи с этим считаем обязательным вести работы по информированию населения о подборе правильной диеты, формировании собственного рациона, о возможности продления активного долголетия через питание.

#### **Критерии авторства**

Авторы в равной степени принимали участие в исследованиях и оформлении рукописи.

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Contribution**

The authors equally participated in the research and preparation of manuscript.

#### **Conflict of interest**

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

#### **Список литературы**

1. Всемирный доклад о старении и здоровье. – Женева : Всемирная организация здравоохранения, 2016. – 316 с.
2. Тополянский, А. В. Большой медицинский энциклопедический словарь / А. В. Тополянский, В. И. Бородулин. – М. : Рипол Классик, 2007. – 960 с
3. Блинкова, Л. Н. Организационные аспекты питания пожилых людей / Л. Н. Блинкова // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № S3. – С. 13.
4. Карпенко, О. М. Питание пациентов старших возрастных групп как значимый фактор качества жизни / О. М. Карпенко, И. М. Жамилов // Здоровье населения и среда обитания. – 2012. – Т. 227, № 2. – С. 12–14.
5. Синявский, Ю. А. Перспективы разработки функциональных геропротекторных продуктов питания на основе нетрадиционного сырья / Ю. А. Синявский, А. М. Басымбекова, В. Г. Выскубова [и др.] // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № S3. – С. 125.
6. Применение биологически активного комплекса микробного происхождения в геродиетическом питании / И. В. Хованова, Н. А. Шахайло, Л. В. Римарева [и др.] // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № S2. – С. 218.
7. Фелик, С. В. Перспективы разработки продуктов геродиетического питания / С. В. Фелик, Т. А. Антипова, С. В. Симоненко // Аграрно-пищевые инновации. – 2019. – Т. 5, № 1. – С. 84–89. DOI: <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-5-84-89>.
8. Mediterranean, dietary approaches to stop hypertension (dash), and mediterranean-dash intervention for neurodegenerative delay (MIND) diets are associated with less cognitive decline and a lower risk of Alzheimer’s disease – a review / A. C. van den Brink, E. M. Brouwer-Brolsma, A. A. M. Berendsen [et al.] // Advances in Nutrition. – 2019. – Vol. 10, № 6. – P. 1040–1065. DOI: <https://doi.org/10.1093/advances/nmz054>.
9. Вечная молодость: как Россия переходит на активное долголетие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/business/2019/09/13/12647245.shtml>. – Дата обращения: 28.11.2019.
10. ЗОЖ в пожилом возрасте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gairb56.ru/node/164>. – Дата обращения: 28.11.2019.
11. Protein and healthy aging / D. Paddon-Jones, W. W. Campbell, P. F. Jacques [et al.] // American Journal of Clinical Nutrition. – 2015. – Vol. 101, № 6. – P. 1339S–1345S. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.084061>.
12. Healthy eating for older adults [Internet]. – Available from: <https://www.eatright.org/food/nutrition/dietary-guidelines-and-myplate/healthy-eating-for-older-adults>. – Date of the application: 28.11.2019.
13. Associations between sleep, cortisol regulation, and diet: Possible implications for the risk of Alzheimer disease / F. Pistollato, S. S. Cano, I. Elio [et al.] // Advances in Nutrition. – 2016. – Vol. 7, № 4. – P. 679–689. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.115.011775>.
14. Changes in orosensory perception related to aging and strategies for counteracting its influence on food preferences among older adults / X. Song, D. Giacalone, S. M. Bolling Johansen [et al.] // Trends in Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 53. – P. 49–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.004>.
15. Потемкина, Н. С. Питание для профилактики неврологических заболеваний пожилых / Н. С. Потемкина // Клиническая геронтология. – 2018. – Т. 24, № 9–10. – С. 52–54.
16. Проблемы оптимального питания пациентов пожилого и старческого возраста с коморбидной патологией на фоне ожирения / А. В. Стародубова, Ю. Р. Вараева, С. Д. Косюра [и др.] // Терапевтический архив. – 2019. – Т. 91, № 10. – С. 19–27. DOI: <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.10.000143>.
17. Mohajeri, M. H. Inadequate supply of Vitamins and DHA in the elderly: Implications for brain aging and Alzheimer-type dementia / M. H. Mohajeri, B. Troesch, P. Weber // Nutrition. – 2015. – Vol. 31, № 2. – P. 261–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.06.016>.
18. Воронина, Л. П. Вопросы рационального питания у пожилых людей / Л. П. Воронина // Медицинские новости. – 2007. – № 6. – С. 36–41.



19. Чеботарев, Д. Ф. Справочник по гериатрии / Д. Ф. Чеботарев, Н. Б. Маньковский. – М. : Медицина, 1973. – 502 с.
20. Dietary approaches for bone health: Lessons from the Framingham osteoporosis study / S. Sahni, K. M. Mangano, R. R. McLean [et al.] // *Current Osteoporosis Reports*. – 2015. – Vol. 13, № 4. – P. 245–255. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11914-015-0272-1>.
21. Dietary patterns and quality of life in older adults: A systematic review / T. Govindaraju, B. W. Sahle, T. A. McCaffrey [et al.] // *Nutrients*. – 2018. – Vol. 10, № 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10080971>.
22. Novoselova, M. V. Technological options for the production of lactoferrin / M. V. Novoselova, A. Yu. Prosekov // *Foods and Raw Materials*. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 90–101. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-101>.
23. Food, eating, and happy aging: The perceptions of older Chinese people / C. J. Browning, Z. Qiu, H. Yang [et al.] // *Frontiers in Public Health*. – 2019. – Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00073>.
24. Численность населения Кемеровской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kemerovostat.gks.ru/folder>. – Дата обращения: 16.11.2019.
25. Рубан, Н. Ю. Изучение потребительских предпочтений лиц пожилого и старческого возраста в отношении молочной продукции / Н. Ю. Рубан, И. Ю. Резниченко // *Индустрия питания*. – 2018. – Т. 3, № 2. – С. 44–48.


### References

1. Vsemirnyy doklad o starenii i zdorov'e [World report on aging and health]. Geneva: World Health Organization; 2016. 316 p. (In Russ.).
2. Topolyanskiy AV, Borodulin VI. Bol'shoy meditsinskiy ehntsiklopedicheskiy slovar' [Big medical encyclopedic dictionary]. Moscow: Ripol Klassik; 2007. 960 p. (In Russ.).
3. Blinkova LN. Organizatsionnye aspekty pitaniya pozhilykh lyudey [Organizational aspects of diet of senior citizens]. *Problems of Nutrition*. 2014;83(S3):13. (In Russ.).
4. Karpenko OM, Zhamilov IM. A food of patients of the senior age groups as the significant factor of quality of life. *Public Health and Life Environment*. 2012;227(2):12–14. (In Russ.).
5. Sinyavskiy YuA, Basymbekova AM, Vyskubova VG, Puchkova MS, Bepalova YuN, Yakunin AV. Perspektivy razrabotki funktsional'nykh geroprotekturnykh produktov pitaniya na osnove netraditsionnogo syr'ya [Prospects for the development of functional geroprotective food products based on unconventional raw materials]. *Problems of Nutrition*. 2014;83(S3):125. (In Russ.).
6. Khovanova IV, Shakhaylo NA, Rimareva LV, Sokolova EN. Primenenie biologicheskii aktivnogo kompleksa mikrobnogo proiskhozhdeniya v gerodieticheskom pitanii [Biologically active complex of microbial origin in gerodietetic nutrition]. *Problems of Nutrition*. 2016;85(S2):218. (In Russ.).
7. Felik SV, Antipova TA, Simonenko SV. Prospects for the development of products of gerodietic nutrition. *Agrarian-and-Food Innovations*. 2019;5(1):84–89. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31208/2618-7353-2019-5-84-89>.
8. van den Brink AC, Brouwer-Brolsma EM, Berendsen AAM, van de Rest O. Mediterranean, dietary approaches to stop hypertension (dash), and mediterranean-dash intervention for neurodegenerative delay (MIND) diets are associated with less cognitive decline and a lower risk of alzheimer's disease – a review. *Advances in Nutrition*. 2019;10(6):1040–1065. DOI: <https://doi.org/10.1093/advances/nmz054>.
9. Vechnaya molodost': kak Rossiya perekhodit na aktivnoe dolgoletie [Eternal youth: Russia switches over to active longevity] [Internet]. [cited 2019 Nov 28]. Available from: <https://www.gazeta.ru/business/2019/09/13/12647245.shtml>.
10. ZOZH v pozhilom vozraste [Healthy life style in old age] [Internet]. [cited 2019 Nov 28]. Available from: <http://gairb56.ru/node/164>.
11. Paddon-Jones D, Campbell WW, Jacques PF, Kritchevsky SB, Moore LL, Rodriguez NR, et al. Protein and healthy aging. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2015;101(6):1339S–1345S. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.114.084061>.
12. Healthy eating for older adults [Internet]. [cited 2019 Nov 28]. Available from: <https://www.eatright.org/food/nutrition/dietary-guidelines-and-myplate/healthy-eating-for-older-adults>.
13. Pistollato F, Cano SS, Elio I, Vergara MM, Giampieri F, Battino M. Associations between sleep, cortisol regulation, and diet: Possible implications for the risk of Alzheimer disease. *Advances in Nutrition*. 2016;7(4):679–689. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.115.011775>.
14. Song X, Giacalone D, Bolling Johansen SM, Frost MB, Bredie WLP. Changes in orosensory perception related to aging and strategies for counteracting its influence on food preferences among older adults. *Trends in Food Science and Technology*. 2016;53:49–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.004>.
15. Potemkina NS. Nutrition for prevention of neurologic diseases of elderly. *Clinical gerontology*. 2018;24(9–10):52–54. (In Russ.).
16. Starodubova AV, Varaeva YuR, Kosyura SD, Livantsova EN. Problems of optimal nutrition of elderly and senile patients with comorbidities against obesity. *Therapeutic Archive*. 2019;91(10):19–27. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26442/00403660.2019.10.000143>.
17. Mohajeri MH, Troesch B, Weber P. Inadequate supply of Vitamins and DHA in the elderly: Implications for brain aging and Alzheimer-type dementia. *Nutrition*. 2015;31(2):261–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.06.016>.


18. Voronina LP. Voprosy ratsional'nogo pitaniya u pozhilykh lyudey [Nutritional issues of the elderly]. *Meditzinskie novosti*. 2007;(6):36–41. (In Russ.).
19. Chebotarev DF, Man'kovskiy NB. *Spravochnik po geriatrii* [Handbook of geriatrics]. Moscow: Meditsina; 1973. 502 p. (In Russ.).
20. Sahni S, Mangano KM, McLean RR, Hannan MT, Kiel DP. Dietary approaches for bone health: Lessons from the Framingham osteoporosis study. *Current Osteoporosis Reports*. 2015;13(4):245–255. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11914-015-0272-1>.
21. Govindaraju T, Sahle BW, McCaffrey TA, McNeil JJ, Owen AJ. Dietary patterns and quality of life in older adults: A systematic review. *Nutrients*. 2018;10(8). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10080971>.
22. Novoselova MV, Prosekov AYu. Technological options for the production of lactoferrin. *Foods and Raw Materials*. 2016;4(1):90–101. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-101>.
23. Browning CJ, Qiu Z, Yang H, Zhang T, Thomas SA. Food, eating, and happy aging: The perceptions of older Chinese people. *Frontiers in Public Health*. 2019;7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00073>.
24. Chislenost' naseleniya Kemerovskoy oblasti [Population of the Kemerovo region] [Internet]. [cited 2019 Nov 16]. Available from: <https://kemerovostat.gks.ru/folder>.
25. Ruban NYu, Reznichenko IYu. Studying consumer preferences of aged and senior aged agents with regard to dairy products. *Food Industry*. 2018;3(2):44–48. (In Russ.).

#### **Сведения об авторах**

##### **Рубан Наталья Юрьевна**


канд. техн. наук, доцент кафедры управления качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: [natali2603@mail.ru](mailto:natali2603@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7396-9283>

##### **Резниченко Ирина Юрьевна**


д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой управления качеством, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: [Irina.Reznichenko@gmail.com](mailto:Irina.Reznichenko@gmail.com)  
 <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

#### **Information about the authors**

##### **Natalya Yu. Ruban**

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Quality Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: [natali2603@mail.ru](mailto:natali2603@mail.ru)  
 <https://orcid.org/0000-0001-7396-9283>

##### **Irina Yu. Reznichenko**

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Quality Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-54, e-mail: [Irina.Reznichenko@gmail.com](mailto:Irina.Reznichenko@gmail.com)  
 <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

## 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» (оригинальность рукописи опубликованной в Журнале должна составлять не менее 85 %), 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.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Объем статьи должен быть 5–7 страниц (не включая аннотации и списки литературы на русском и английском языках). Объем обзорной рукописи не ограничен.

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 MicrosoftOffice 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»)

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).

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 <http://fptt.ru> или отправив на e-mail [fptt98@gmail.com](mailto:fptt98@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)» <http://fptt.ru>.

**ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

<i>Бобренева И. В., Баюми А. А., Токарев А. В.</i> Разработка рецептуры полифункциональной добавки на основе взаимодействия ее компонентов .....	1
<i>Борисова А. В., Рузянова А. А., Тяглова А. М., Поликарпова К. В.</i> Использование ягодного сырья в технологии мягкого сыра функционального назначения.....	11
<i>Горбачева М. В., Тарасов В. Е., Калманович С. А., Сапожникова А. И.</i> Оптимизация технологии вытапливания жира страуса в присутствии электроактивированной жидкости.....	21
<i>Гуринович Г. В., Малютина К. В., Серегин С. А., Патракова И. С.</i> Изучение влияния жирнокислотного состава свинины на процесс ферментации .....	32
<i>Маринина Е. А., Садыгова М. К., Кириллова Т. В., Каневская И. Ю.</i> Оптимизация рецептуры бисквитного полуфабриката .....	44
<i>Мацейчик И. В., Мартынова Е. Г., Корпачева С. М., Штеер А. И., Ломовский И. О.</i> Инкапсуляция порошка ябины обыкновенной ( <i>Sorbus aucuparia</i> ) полисахаридами растительного происхождения .....	52
<i>Невская Е. В., Зуева А. Г., Беляев А. Г.</i> Использование экстракта и порошка кипрея узколистного в рецептуре хлебобулочных изделий .....	61
<i>Танашкина Т. В., Перегодова А. А., Семенюта А. А., Боярова М. Д.</i> Безглютеновые гречишные квасы с добавлением пряно-ароматического сырья .....	70

**ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ****И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

<i>Верболюз Е. И., Иванова М. А., Демченко В. А., Фартуков С., Евона Н. К.</i> Исследование процесса сушки шиповника в поле действия ультразвука.....	79
<i>Марьян В. А., Верещагин А. Л., Иванов А. А.</i> Целесообразность применения деки из вязкоупругого материала при шелушении зерна гречихи .....	87

**FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY**

<i>Bobreneva I.V., Baioumy A.A., Tokarev A.V.</i> Formulation of a Multifunctional Plant Additive Based on the Interaction of its Components .....	1
<i>Borisova A.V., Ruzyanova A.A., Tyaglova A.M., Polikarpova K.V.</i> Berry Raw Materials in Functional Soft Cheese Production .....	11
<i>Gorbacheva M.V., Tarasov V.E., Kalmanovich S.A., Sapozhnikova A.I.</i> Ostrich Fat Production Using Electrolyzed Fluid.....	21
<i>Gurinovich G.V., Malyutina K.V., Seregin S.A., Patrakova I.S.</i> The Effect of Acid Composition on the Fermentation Process of Pork Fat.....	32
<i>Marinina E.A., Sadygova M.K., Kirillova T.V., Kanevskaya I.Yu.</i> Optimization Formulation of Semi-Finished Sponge Cake.....	44
<i>Matseychik I.V., Martynova E.G., Korpacheva S.M., Shteer A.I., Lomovsky I.O.</i> Encapsulation of Powdered Rowanberries ( <i>Sorbus aucuparia</i> ) with Plant Polysaccharides.....	52
<i>Nevskaya E.V., Zueva A.G., Belyaev A.G.</i> Extract and Powder of <i>Epilobium angustifolium</i> in Bakery Products.....	61
<i>Tanashkina T.V., Peregoedova A.A., Semenyuta A.A., Boyarova M.D.</i> Gluten-free Buckwheat Kvass with Aromatic Raw Materials .....	70

**FOOD PRODUCTION PROCESSING AND EQUIPMENT**

<i>Verboloz E.I., Ivanova M.A., Demchenko V.A., Fartukov S., Evona N.K.</i> Ultrasound Drying of Rose Hips: a Process Study .....	79
<i>Marin V.A., Vereshchagin A.L., Ivanov A.A.</i> Application of Visco-Elastic Deck in Decorticating Buckwheat Grains .....	87

<i>Плотников К. Б., Попов А. М., Плотников И. Б., Крюк Р. В., Руднев С. Д.</i> Совершенствование технологического потока линии производства инстантированного киселя .....	96
<i>Шорсткий И. А.</i> Исследование влияния обработки высоковольтными разрядами на выход масла из мезги подсолнечника .....	106
<i>Федоренко Б. Н., Бородулин Д. М., Просин М. В., Шафрай А. В., Лобасенко Б. А., Головачева Я. С.</i> Определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Сокслета при получении спиртовой настойки из ягод клюквы.....	115

**ГИГИЕНА ПИТАНИЯ**

<i>Маюрникова Л. А., Кокшаров А. А., Крapiва Т. В., Новоселов С. В.</i> Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности .....	124
---	-----

**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

<i>Меледина Т. В., Морозов А. А., Давыденко С. Г., Терновской Г. В.</i> Дрожжи – продуценты глутатиона.....	140
<i>Подлегаева Т. В., Костина Н. Г.</i> Изучение структурно-механических характеристик ферментированных взбитых молочных продуктов .....	149

**СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ,****КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ**

<i>Новиков В. Ю., Барышников А. В., Рысакова К. С., Шумская Н. В., Узбекова О. Р.</i> Идентификация таксонов морских рыб методом линейного дискриминантного анализа спектров отражения в ближней инфракрасной области.....	159
<i>Трофимова Н. Б., Ермолаева Е. О., Трофимов И. Е.</i> Разработка программного продукта для автоматизации учета несоответствий и нарушений критических пределов на производстве.....	167

**ЭКОНОМИКА**

<i>Рубан Н. Ю., Резниченко И. Ю.</i> Особенности предпочтений людей пожилого и старческого возраста при формировании рациона .....	176
--	-----


**CONTENTS**


<i>Plotnikov K.B., Popov A.M., Plotnikov I.B., Kryuk R.V., Rudnev S.D.</i> Improving the Line of Instant Starch Soft Drinks.....	96
<i>Shorstkii I.A.</i> Effect of High Voltage Electrical Pulses on the Oil Yield of Sunflower Meal.....	106
<i>Fedorenko B.N., Borodulin D.M., Prosin M.V., Shafrai A.V., Lobasenko B.A., Golovacheva Ya.S.</i> Rational Technological Parameters of the Soxhlet Extractor in the Production of Alcoholic Extracts from Cranberries .....	115

**FOOD HYGIENE**

<i>Mayurnikova L.A., Koksharov A.A., Krapiva T.V., Novoselov S.V.</i> Food Fortification as a Preventive Factor of Micronutrient Deficiency .....	124
---	-----

**BIOTECHNOLOGY**

<i>Meledina T.V., Morozov A.A., Davydenko S.G., Ternovskoy G.V.</i> Yeasts as a Glutathione Producer .....	140
<i>Podlegaeva T.V., Kostina N.G.</i> Structural and Mechanical Characteristics of Fermented Whipped Dairy Products.....	149

**FOOD STANDARDIZATION, CERTIFICATION,****QUALITY AND SAFETY**

<i>Novikov V.Yu., Baryshnikov A.V., Rysakova K.S., Shumskaya N.V., Uzbekova O.R.</i> Identification of Marine Fish Taxa by Linear Discriminant Analysis of Reflection Spectra in the Near-Infrared Region .....	159
<i>Trofimova N.B., Ermolaeva E.O., Trofimov I.E.</i> Development of a Software Product for the Automation of Hazard Analysis and Critical Control Points in Food Production .....	167

**ECONOMICS**

<i>Ruban N.Yu., Reznichenko I.Yu.</i> Preferences of People of Advanced and Gerontic Age in Diet Formation .....	176
--	-----