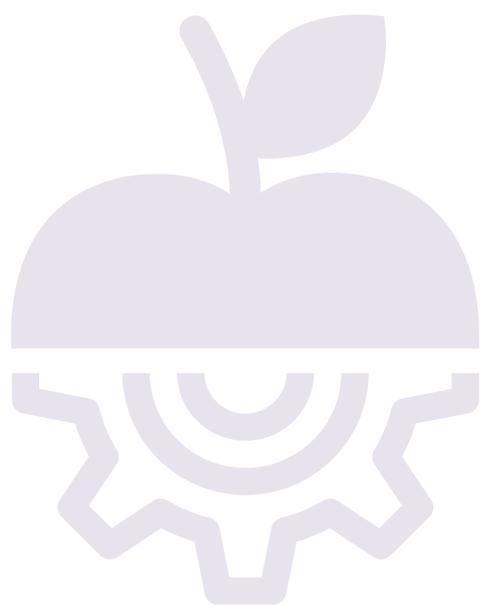


Техника и технология пищевых производств

Food Processing: Techniques and Technology



Том 50
Номер 2
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.

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. Ачкара, 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 29.06.20.

Усл. п. л. 23,21, уч.-изд. л. 43,24. 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/eng>.

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, Moscow, 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, Novosibirsk reg., Russia;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Andrey G. Khramtsov, North-Caucasian Federal University, Stavropol, 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 29.06.20.

Printed sheet 23,21, conventional printed sheet 43,24. 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.

Качественные характеристики мяса кроликов при включении в рацион экстракта эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.)

Р. А. Ворошилин*^{ORCID}, М. Г. Курбанова, С. Н. Рассолов, Е. В. Ульрих^{ORCID}



Дата поступления в редакцию: 11.03.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная
сельскохозяйственная академия»,
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5

*e-mail: rom.vr.22@mail.ru



© Р. А. Ворошилин, М. Г. Курбанова, С. Н. Рассолов, Е. В. Ульрих, 2020

Аннотация.

Введение. Получение качественной и безопасной продукции животноводства для производства диетических мясных продуктов, блюд и кулинарных изделий, в том числе из мяса кроликов, является одним из приоритетных направлений стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Целью исследования стало определение влияния различных доз экстракта эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) на физико-химические и морфологические показатели качества мяса кроликов.

Объекты и методы исследования. С 70-дневного возраста животным опытных групп дополнительно к основному рациону добавляли фитобиотическую кормовую добавку на основе экстракта эхинацеи пурпурной в разных дозировках. Продолжительность эксперимента составила 30 дней.

Результаты и их обсуждение. Фитобиотическая кормовая добавка в дозе 1,0 г и 1,5 г на голову в сутки стимулируют окислительно-восстановительные процессы обмена веществ в организме кроликов. Установлено, что соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот в липидах исследуемых образцов мяса кроликов контрольной группы составило 1,34:1, у III опытной группы – 1,39:1. Данные показатели находятся в оптимальных соотношениях. Это свидетельствует о высокой биологической ценности мяса кроликов, которое может позиционироваться как диетический продукт. Целесообразность использования фитобиотической добавки доказана также интенсивным приростом массы тела животных опытных групп по сравнению с контрольной. Наилучшими убойными показателями характеризовались животные II и III опытных групп.

Выводы. Экстракт эхинацеи пурпурной в дозировке 1,5 г на голову в сутки положительно влияет состав и физико-химические показатели качества мяса кроликов и мясную продуктивность.

Ключевые слова. Мясо, кролики, лекарственные растения, *Echinacea purpurea* L., фитобиотики, питание, качество мяса, жирнокислотный состав

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, соглашение от 3.10.2017 г. № 14.610.21.0016 «Разработка и внедрение новой серии высокоэффективных фитобиотических кормовых добавок на основе лекарственных растений для перехода к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству». Уникальный идентификатор проекта RFMEF161017X0016.

Для цитирования: Качественные характеристики мяса кроликов при включении в рацион экстракта эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) / Р. А. Ворошилин, М. Г. Курбанова, С. Н. Рассолов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 185–193. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-185-193>.

Original article

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

Rabbit Dietary Supplementation with *Echinacea purpurea* L.: The Quality Profile of Rabbit Meat

R.A. Voroshilin*^{ORCID}, M.G. Kurbanova, S.N. Rassolov, E.V. Ulrikh^{ORCID}

Received: March 11, 2020
Accepted: May 29, 2020

Kuzbass State agricultural Academy,
5, Markoutseva Str., Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: rom.vr.22@mail.ru



© R.A. Voroshilin, M.G. Kurbanova, S.N. Rassolov, E.V. Ulrikh, 2020

Abstract.

Introduction. Rabbit meat is an excellent source of dietetic food. High-quality and safe meat production is a priority of the scientific and technological development of the Russian Federation. The research objective was to determine the optimal dose of *Echinacea purpurea* L. extract in the rabbit diet and study its effect on the physicochemical and morphological quality parameters of rabbit meat.

Study objects and methods. At 70 days of age, the experimental animals started to receive various doses of a phytobiotic feed additive based on the *Echinacea purpurea* extract. The experiment lasted 30 days.

Results and discussion. The daily dose of 1.0 g and 1.5 g per animal proved to stimulate the redox processes in the rabbit metabolism. The body weight of the test animals significantly increased compared with the control group. The test slaughter revealed a high level of meat productivity. The animals in experimental groups II and III showed the best slaughter indicators. Each animal received 1.5 g of the extract per day. The morphological composition of chilled carcass indicated that the additive had a positive effect on the mass indicators. According to the physical and chemical analysis, the contents of water, protein, and ash in the experimental group was the same as in the control group. The ratio of unsaturated and saturated fatty acids in the control group was 1.34:1, while in the experimental group III is was 1.39:1. This optimal proportion proved a high biological value of rabbit meat, which makes it a dietary product. The phytobiotic additive proved commercial as the test animals demonstrated an intensive weight gain compared with the control group. Experimental groups II and III showed the best slaughter indicators.

Conclusion. 1.5 g of the extract of *Echinacea purpurea* had a positive effect on the composition and physicochemical parameters of rabbit meat, as well as meat production.

Keywords. Meat, rabbits, medicinal plants, *Echinacea purpurea* L., phytobiotics, nutrition, meat quality, fatty acid composition

Funding. The present research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, agreement No. 14.610.21.0016, October 3, 2017: “Development and implementation of a new series of highly effective phytobiotic feed additives based on medicinal plants for the transition to a highly productive and environmentally friendly agricultural holding”, unique ID: RFMEF161017X0016.

For citation: Voroshilin RA, Kurbanova MG, Rassolov SN, Ulrikh EV. Rabbit Dietary Supplementation with *Echinacea purpurea* L.: The Quality Profile of Rabbit Meat. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):185–193. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-185-193>.

Введение

Одной из перспективных отраслей сельского хозяйства является кролиководство. Анализ современной литературы свидетельствует об отсутствии глубоких исследований по оценке продуктов убоя кроликов на фоне применения фитобиотических кормовых добавок и оценке качества выработанной на их основе пищевой продукции [1, 2]. Фитобиотические кормовые добавки благотворно влияют на общее состояние организма, профилактику возможных заболеваний и безопасность мясного сырья [3, 4]. У сельскохозяйственных животных при употреблении фитобиотических компонентов улучшаются органолептические показатели мяса [5]. По сравнению с другими видами мяса крольчатина отличается высоким содержанием белка и низкой массовой долей жира. В крольчатине содержатся витамины В₆, В₁₂ и РР в большем количестве, чем в мясе других животных [6]. Мясо кролика отличается необходимым для нормального формирования и развития человеческого организма содержанием минеральных веществ, в том числе железа, кальция, калия и других незаменимых нутриентов [7]. Кроме этого, в крольчатине содержится незначительное количество натрия и холестерина. Это, наряду с другими показателями, придает ему диетические свойства [8–10].

Целью исследования стало изучение физико-химических и морфологических показателей качества

мяса кроликов, при включении в рацион различных доз экстракта эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.).

Исследования проводились на зооферме ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия» (г. Кемерово). Работа выполнена в рамках соглашения с Министерством науки и высшего образования РФ, соглашение от 3.10.2017 г. № 14.610.21.0016 «Разработка и внедрение новой серии высокоэффективных фитобиотических кормовых добавок на основе лекарственных растений для перехода к высокопродуктивному и экологически чистому агрохозяйству» нами были проведены ряд исследований. Уникальный идентификатор проекта RFMEF161017X0016.

Объекты и методы исследования

С целью изучения влияния различных дозировок экстракта эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) на физико-химические и морфологические показатели качества мяса молодняка кроликов предварительно произведен подбор групп-аналогов молодняка кроликов калифорнийской породы по происхождению, возрасту и живой массе. Формирование групп проводили по методике, разработанной А. И. Овсянниковым. В работе исследовалось мясо кроликов контрольной группы (10 голов), которые получали основной корм, и пяти опытных групп (по 10 голов в каждой), которые получали корм с добавлением различных добавок экстракта эхинацеи пурпурной.

С 70-дневного возраста условия кормления и содержания для всех групп были одинаковые. При этом животные контрольной группы получали основной рацион (ОР), состоящий из полнорационного комбикорма (отрубей пшеничных, пшеницы, овса, ячменя, кормового зернопродукта, муки ячменя), а также сена или травы, кролики опытных групп дополнительно получали экстракт эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea*) в количестве 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 г на голову в сутки. При смешанном типе кормления утром кроликам давали половину суточной нормы комбикорма, днем – сено или траву, вечером – оставшуюся часть корма. Кролики получали экстракт лекарственного растения в составе комбикормов в количестве 50 % от суточной нормы в утреннее время и 50 % в вечернее. В среднем, кролику требуется 70–100 г сухого корма и 70–80 г сена в сутки. Продолжительность эксперимента составила 30 дней.

Интенсивность роста кроликов определяли взвешиванием. Морфологический состав тушек

кроликов определяли по ГОСТ 31796-2012. Определяли химический состав мяса кроликов после скармливания фитобиотической кормовой добавки на основе экстракта эхинацеи пурпурной: массовую долю влаги – ГОСТ Р 51479-99, массовую долю белка – ГОСТ 25011-81, массовую долю жира – ГОСТ 23042-2015, массовую долю золы – ГОСТ-31727-2012. Жирнокислотный состав исследуемых образцов мяса кроликов определяли методом газовой хроматографии по ГОСТ Р 55483-2013.

Результаты и их обсуждение

С целью получения качественной и безопасной мясной продукции, выращенной без использования кормовых антибиотиков, выбрана фитобиотическая кормовая добавка на основе экстракта эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.).

Изучение показателей скорости и интенсивности роста кроликов имеет важное значение, т. к. животные, которые имеют быструю скорость роста при равных условиях с другими, затрачивают меньше

Таблица 1. Результаты контрольного убоя подопытных кроликов, получавших фитобиотическую кормовую добавку на основе экстракта эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.)

Table 1. Test slaughter results of the experimental rabbits that received a phytobiotic feed additive based on *Echinacea purpurea* L. extract

№ животного	Предубойная масса, г	Убойная масса, г	Убойный выход, %
Контрольная группа			
1	2532	1115	44,04
2	2533	1096	43,30
3	2497	1051	42,11
Ср. значение	2520,66 ± 57,15	1087,70 ± 34,50	43,14 ± 1,82
Опытная группа I			
1	2653	1249	47,12
2	2716	1260	46,40
3	2694	1278	47,41
Ср. значение	2687,66 ± 215,26	1262,33 ± 18,10	46,96 ± 4,78
Опытная группа II			
1	2822	1403	49,74
2	2864	1482	51,77
3	2794	1359	48,66
Ср. значение	2826,66 ± 114,87	1414,66 ± 25,98	50,06 ± 1,71
Опытная группа III			
1	2852	1448	50,80
2	2804	1516	54,12
3	2796	1372	49,10
Ср. значение	2817,33 ± 147,20	1445,33 ± 14,90	51,33 ± 1,71
Опытная группа IV			
1	2733	1290	47,23
2	2759	1361	49,33
3	2757	1410	51,17
Ср. значение	2749,66 ± 64,97	1353,67 ± 64,25	49,24 ± 8,76
Опытная группа V			
1	2749	1292	47,00
2	2678	1250	46,70
3	2724	1342	49,30
Ср. значение	2717,00 ± 40,82	1294,33 ± 25,47	47,06 ± 1,26

Таблица 2. Морфологический состав тушек кроликов

Table 2. Morphological composition of the rabbit carcasses

Показатель	Группа					
	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III	Опытная IV	Опытная V
Масса охлажденной тушки, г	1087,70 ± 34,50	1262,33 ± 18,10	1414,66 ± 25,98	1445,33 ± 14,90	1353,67 ± 64,25	1294,33 ± 25,47
Масса мякоти, г	829,48 ± 21,74	977,27 ± 28,16	1106,50 ± 32,25	1136,31 ± 31,74	1046,52 ± 24,65	996,37 ± 19,70
Выход мякоти, %	76,26 ± 2,16	77,42 ± 1,94	78,22 ± 1,52	78,62 ± 1,49	77,31 ± 2,06	76,98 ± 1,82
Масса кости, г	145,64 ± 4,26	157,66 ± 4,18	174,71 ± 5,84	177,19 ± 5,45	167,58 ± 5,06	166,83 ± 4,92
Выход кости, %	13,39 ± 0,53	12,49 ± 0,48	12,35 ± 0,57	12,26 ± 0,61	12,38 ± 0,41	12,89 ± 0,69
Масса жира-сырца, г	62,30 ± 1,98	82,93 ± 2,58	96,97 ± 2,41	98,13 ± 3,15	90,83 ± 2,09	81,67 ± 1,58
Выход жира-сырца, %	5,73 ± 0,21	6,57 ± 0,34	6,84 ± 0,29	6,79 ± 0,25	6,71 ± 0,34	6,31 ± 0,21
Масса сухожилий и жилок, г	50,25 ± 2,13	44,43 ± 1,51	36,63 ± 0,94	33,67 ± 1,05	48,73 ± 1,25	49,44 ± 1,34
Выход сухожилий и жилок, %	4,62 ± 0,24	3,52 ± 0,18	2,59 ± 0,17	2,33 ± 0,18	3,60 ± 0,21	3,82 ± 0,17

питательных веществ корма, который употребляют на единицу прироста, чем животные с относительно низкой скоростью роста [11–14]. Использование различных кормовых добавок на откорме является одним из важных факторов, оказывающий влияние на развитие и скорость роста кроликов [9, 15–17]. Применение в рационе кроликов фитобиотических кормовых добавок на основе лекарственных растений представляет научный и практический интерес, т. к. может повлиять на закономерности роста и качество конечной продукции. В начале эксперимента изучали интенсивность роста кроликов контрольной и опытных групп, получавших фитобиотическую кормовую добавку на основе экстракта эхинацеи пурпурной.

Скармливание фитобиотической кормовой добавки в дозе 1,0 г и 1,5 г на голову в сутки стимулирует окислительно-восстановительные процессы метаболизма в организме кроликов. Это проявилось в интенсивном приросте массы тела животных опытных групп по сравнению с контрольной. Это связано с одним из фармакологических свойств эхинацеи пурпурной, поскольку ее отдельные компоненты обладают иммуномодулирующим действием на клетки и организм в целом [18].

Для более детального изучения фитобиотической кормовой добавки в 100-дневном возрасте проводили убой кроликов. С каждой группы для проведения испытания было выбрано по три кролика. После убоя определяли массу парной тушки и убойный выход.

Показатели убоя характеризуют количественную сторону мясной продуктивности. Не менее важным является морфологический состав, который отражает количество и соотношение мышечной, жировой, костной и соединительной тканей. Результаты контрольного убоя подопытных кроликов представлены в таблице 1.

Результаты контрольного убоя подопытных кроликов, получавших фитобиотическую кормовую

добавку, свидетельствуют о высоком уровне мясной продуктивности. При этом установлены существенные межгрупповые различия. Убойный выход мяса у I опытной группы, по сравнению с аналогами контрольной группы, был выше на 13,83 %, во II на – 23,07 % ($P > 0,05$), в III на – 24,77 %, в IV на – 19,64 %, в V на – 15,99 %.

Таким образом, данные контрольного убоя свидетельствуют о том, что кролики опытных групп имели высокие убойные качества благодаря интенсивному росту и развитию. Наилучшими убойными показателями характеризовались животные II и III опытных групп, получавшие экстракт эхинацеи пурпурной в дозе 1,0 г и 1,5 г на голову в сутки.

Показатели убоя животных характеризуют количественную сторону мясной продуктивности животного. Однако такие показатели, как предубойная масса, масса туши и ее выход, отражают пищевую ценность не полностью, т. к. нет точных данных о том, сколько и какой удельный вес в туше приходится на съедобную часть. Не менее важным является морфологический состав туш, который представляет возможность оценить количество и соотношение в ней мышечной, жировой, костной и соединительной тканей.

Анализ морфологического состава охлажденной тушки свидетельствует о том, что включение в комбикормовый рацион кроликов фитобиотической кормовой добавки оказывает положительное влияние на показатели массы мякоти (табл. 2).

По данным таблицы 2 сделан вывод о том, что кролики опытных групп имели преимущество над контрольной по массе охлажденной тушки.

Кролики I опытной группы превосходили по показателю массы охлажденной тушки кроликов контрольной группы на 174,63 г (13,83 %), II – на 326,90 г (23,10 %), III – на 357,63 г (24,74 %), IV – на 265,97 (19,64 %), V – на 206,63 (15,96 %).

Таблица 3. Химический состав мяса кроликов после скармливания фитобиотической кормовой добавки на основе экстракта эхинацеи пурпурной

Table 3. Chemical composition of rabbit meat in the experimental group that received a phytobiotic feed additive based on *Echinacea purpurea* L. extract

№ кролика	Группа					
	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III	Опытная IV	Опытная V
Массовая доля воды, %						
1	76,47 ± 1,35	76,00 ± 1,78	77,40 ± 1,85	77,00 ± 1,58	78,04 ± 1,06	79,00 ± 1,65
2	78,44 ± 1,38	77,01 ± 1,54	77,92 ± 1,05	77,14 ± 1,24	78,81 ± 1,21	78,47 ± 1,24
3	77,00 ± 1,49	77,98 ± 1,69	77,00 ± 1,32	77,14 ± 1,36	77,89 ± 1,69	78,64 ± 1,84
Ср. значение	77,30 ± 1,44	77,00 ± 1,67	77,44 ± 1,41	77,09 ± 1,39	78,25 ± 1,32	78,70 ± 1,57
Массовая доля белка, %						
1	20,85 ± 0,48	20,20 ± 0,24	20,34 ± 0,51	20,41 ± 0,21	18,94 ± 0,33	19,20 ± 0,40
2	20,60 ± 0,44	20,22 ± 0,67	20,30 ± 0,60	20,37 ± 0,43	19,87 ± 0,29	19,45 ± 0,35
3	20,20 ± 0,45	20,00 ± 0,49	20,99 ± 0,30	20,88 ± 0,15	19,77 ± 0,24	19,11 ± 0,37
Ср. значение	20,55 ± 0,46	20,14 ± 0,46	20,54 ± 0,47	20,64 ± 0,26	19,53 ± 0,28	19,25 ± 0,37
Массовая доля жира, %						
1	5,11 ± 0,94	3,88 ± 0,58	3,58 ± 0,61	3,80 ± 0,72	4,60 ± 0,79	3,70 ± 0,64
2	4,94 ± 0,86	4,45 ± 0,49	4,10 ± 0,43	4,25 ± 0,63	4,70 ± 0,81	4,78 ± 0,83
3	5,20 ± 0,74	4,67 ± 0,67	4,14 ± 0,62	4,17 ± 0,48	3,99 ± 0,74	5,04 ± 0,88
Ср. значение	5,12 ± 0,87	4,33 ± 0,58	3,94 ± 0,55	4,07 ± 0,61	4,43 ± 0,78	4,51 ± 0,78
Массовая доля золы, %						
1	1,09 ± 0,02	1,17 ± 0,01	1,19 ± 0,04	1,17 ± 0,09	1,09 ± 0,08	1,07 ± 0,04
2	0,89 ± 0,01	1,19 ± 0,02	1,12 ± 0,06	1,14 ± 0,03	1,18 ± 0,07	1,17 ± 0,09
3	1,19 ± 0,02	1,15 ± 0,01	1,20 ± 0,08	1,19 ± 0,06	1,15 ± 0,08	1,18 ± 0,10
Ср. значение	1,06 ± 0,02	1,17 ± 0,01	1,17 ± 0,06	1,17 ± 0,06	1,14 ± 0,70	1,14 ± 0,07

Аналогичная закономерность отмечена по массе мякоти, полученной после обвалки. Следует отметить, что кролики контрольной группы уступали по исследуемому показателю кроликам опытных групп от 59,67 г до 306,83 г, что составляет 6,71 % и 27,01 % соответственно. По выходу массы кости особых межгрупповых различий не выявлено.

В опытных группах наблюдалось увеличение массы жира-сырца от 68,82 г до 98,13 г. Максимальное значение имела III опытная группа, в которой кролики употребляли экстракт эхинацеи пурпурной в дозировке 1,5 г.

Были проведены анализы по определению физико-химических показателей мяса.

Мышечная ткань является самой ценной частью тушки. В связи с этим изучение химического состава мякоти представляло научный и практический интерес.

Для проведения анализа каждая тушка была помещена в индивидуальный пакет и охлаждена льдом в переносном холодильнике. Во время транспортировки температура образцов поддерживалась на уровне 4 ± 1 °С.

Результаты анализа химического состава мяса кроликов после скармливания экстракта эхинацеи пурпурной представлены в таблице 3.

Данные, представленные в таблице 3, показывают, что во всех опытных группах содержание воды, белка и золы в мясе кроликов не отличалось по сравнению с контрольной. В опытных группах наблюдается

снижение показателя содержания жира в мясе. Количество массовой доли жира в I опытной группе было ниже на 15,42 %, во II – 23,04 %, в III – 20,50 %, в IV – 13,47 %, в V – 11,47 % по сравнению с контрольной группой. Максимальное снижение содержания массовой доли жира отмечалось в мясе кроликов второй и третьей опытных групп, где количество экстракта эхинацеи пурпурной в фитобиотической кормовой добавке приходилось по 1,0 и 1,5 г на одну голову в сутки.

Необходимо отметить, что содержание жира в мясе, полученном от опытных животных, было меньше, чем в контроле. Это объясняется тем, что в опытных группах установлено повышение содержания белка и минеральных веществ при сравнении с контрольной.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что экстракт эхинацеи пурпурной в дозировке 1,5 г может являться альтернативой при замене кормовых антибиотиков и положительно влияет на мясную продуктивность, состав и физико-химические показатели мяса кроликов. В связи с этим для дальнейших исследований использовали мясо кроликов контрольной и III опытной групп.

Исходя из того, что липиды мяса кроликов служат источником энергии, представляло целесообразным изучить жирнокислотный состав исследуемых образцов мяса. Результаты представлены в таблице 4.

Анализ жирнокислотного состава показывает, что содержание насыщенных жирных кислот

Таблица 4. Жирнокислотный состав исследуемых образцов мяса кроликов, г/100 г

Table 4. Fatty acid composition of the rabbit meat samples, g/100 g

Показатель	Группа	
	Контрольная	Опытная III
Насыщенные	27,65 ± 0,17	20,73 ± 0,13
миристиновая	3,27 ± 0,09	2,45 ± 0,008
пентадекановая	0,05 ± 0,001	0,04 ± 0,001
пальметиновая	15,82 ± 0,51	11,86 ± 0,37
маргариновая	0,09 ± 0,001	0,06 ± 0,001
стеариновая	8,42 ± 0,26	6,32 ± 0,15
Ненасыщенные	37,18 ± 0,29	28,79 ± 0,22
олеиновая	29,18 ± 0,87	21,62 ± 0,61
линолевая	7,45 ± 0,31	6,73 ± 0,24
линоленовая	0,31 ± 0,009	0,23 ± 0,009
арахидоновая	0,24 ± 0,007	0,21 ± 0,008
Отношение ненасыщенных к насыщенным	1,34	1,39

уменьшается в III опытной группе на 25 % по сравнению с контролем. Это происходит за счет пальметиновой, стеариновой и миристиновой насыщенных жирных кислот. Снижение показателя пальметиновой кислоты обуславливает уменьшение уровня холестерина. Исходя из полученных результатов, можно рекомендовать мясо кроликов для производства продуктов диетического назначения. Содержание ненасыщенных жирных кислот в мясе III группы уменьшается на 22,56 %, по сравнению с контролем, что можно объяснить снижением уровня олеиновой кислоты. Следует отметить, что олеиновая кислота является важным компонентом пищевых продуктов. Она участвует в обеспечении нормальной жизнедеятельности организма.

Соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот в липидах исследуемых образцов мяса кроликов контрольной группы составило 1,34:1, у III опытной группы – 1,39:1. Данные показатели находятся в оптимальных соотношениях и свидетельствуют о расширении возможности использования крольчатины при производстве продуктов здорового питания, полуфабрикатов, блюд и кулинарных изделий.

Выводы

Отмечено, что скармливание экстракта эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* L.) влияет на интенсивность процессов обмена веществ в организме кроликов и качество мяса. Соотношение ненасыщенных и насыщенных жирных кислот в липидах исследуемых образцов мяса находятся в оптимальном соотношении. Показано положительное влияние кормовой добавки на окислительно-восстановительные процессы в период интенсивного роста кроликов и повышение их продуктивности. Полученные данные свидетельствуют о том, что кролики опытных групп имеют высокие убойные показатели качества из-за интенсивного роста и развития. Отмечено, что наилучшими показателями характеризовались животные, получавшие комбикорма с содержанием экстракта эхинацеи пурпурной в дозе 1,5 г на голову в сутки.

Критерии авторства

Р. А. Ворошилин проводил экспериментальное исследование, обработку и анализ полученных результатов, подготовил и оформил текст статьи. С. Н. Рассолов обеспечивал научное руководство исследованием, составил методику проведения эксперимента. М. Г. Курбанова проводила описание результатов экспериментальных данных. Е. В. Ульрих подготовила первоначальный текст статьи и описание результатов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

Contribution

R.A. Voroshilin performed the experimental study, processed and analyzed the results, and prepared the manuscript. S.N. Rassolov supervised the project and designed the methodology of the experiment. M.G. Kurbanova described the experimental data. E.V. Ulrikh prepared the draft article.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition – a review / В. Kiczorowska, W. Samolińska, A. R. M. Al-Yasiry [et al.] // Annals of Animal Science. – 2017. – Vol. 17, № 3. – P. 605–625. DOI: <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0076>.
2. Chicory (*Cichorium intybus*) herb: chemical composition, pharmacology, nutritional and healthful applications / M. Saeed, E. M. El-Hack Abd, A. Mahmoud [et al.] // International Journal of Pharmacology. – 2017. – Vol. 13, № 4. – P. 351–360. DOI: <https://doi.org/10.3923/ijp.2017.351.360>.
3. Пономарев, В. Я. Влияние кормовых минеральных добавок на качественные и технологические показатели мяса кроликов / В. Я. Пономарев, Э. Ш. Юнусов, Г. О. Ежкова // Вестник казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17, № 20. – С. 213–216.

4. Effect of Hempseed (*Cannabis sativa* sp.) inclusion to the diet on performance, carcass and antioxidative activity in Japanese quail (*Coturnix Coturnix japonica*) / Y. Konca, B. Cimen, H. Yalcin [et al.] // Korean Journal for Food Science of Animal Resources. – 2016. – Vol. 34, № 2. – P. 141–150. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.2.141>.
5. Spray dried aqueous extract of *Orthosiphon aristatus* Blume / M. Robaina-Mesa, O. D. Lopez-Hernandez, J. E. Rodriguez-Chanfrau [et al.] // Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2017. – Vol. 53, № 3. DOI: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902017000300015>.
6. Drying effects on major volatile and phenolic components of *Achillea filipendulina* lam / S. Dokhani, T. D. Durance, T. Cottrell [et al.] // Journal of Essential Oil-Bearing Plants. – 2012. – Vol. 15, № 6. – P. 885–894. DOI: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2012.10662590>.
7. Корнилова, В. А. Биологически активная добавка в рационах кроликов / В. А. Корнилова, А. С. Ищеряков, Г. А. Макаров // Актуальные вопросы морфологии и биотехнологии в животноводстве : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора О. П. Стуловой / Самарская государственная сельскохозяйственная академия. – Кинель, 2015. – С. 294–298.
8. Evaluation of phenolic content variability along with antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic potential of selected traditional medicinal plants from India / G. Singh, A. K. Passari, V. V. Leo [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2016. – Vol. 7, № 407. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00407>.
9. Composite mixtures in the creation of functional products based on rabbit meat / E. E. Kurchaeva, A. V. Vostroilov, I. V. Maksimov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Vol. 422. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012061>.
10. Рулева, Т. А. Крольчатина как диетический продукт. Ее химический состав и органолептические показатели / Т. А. Рулева // Инновационная наука. – 2016. – № 3–4. – С. 61–64.
11. Aubert, T. Dairy management: It's all in the feed [Interrnet] / T. Aubert. – Available from: <http://www.allaboutfeed.net/Feed-Additives/Articles/2017/6/Dairy-management-Its-all-in-the-feed-143796E/?dossier=25113&widgetid=0>. – Date of the application: 07.11.2019.
12. Функциональные продукты на основе мяса кролика / О. В. Ключникова, Н. П. Кожевникова, В. С. Слободяник [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 6. – С. 134–135.
13. Cullere, M. Effect of different rabbit prime cuts on raw and cooked proximate composition, cholesterol and fatty acids contents and nutrients true retention / M. Cullere, A. Concollato, A. Dalle Zotte // 59th International Congress of Meat Science and Technology. – 2013. – № 4. – P. 18–23.
14. Basharat, S. Antioxidative potential of phyto-genics [Interrnet] / S. Basharat. – Available from: <https://www2.biomin.net/ru/stati/antioxidative-potential-of-phyto-genics>. – Date of the application: 07.11.2019.
15. Dietary Lippia citriodora extract in rabbit feeding: effects on quality of carcass and meat / M. Palazzo, F. Vizzari, M. Nardoia [et al.] // Archives Animal Breeding. – 2015. – Vol. 58. – P. 355–364. DOI: <https://doi.org/10.5194/aab-58-355-2015>.
16. Quality of rabbit meat and phyto-additives / M. P. Simonová, L. Chrastinová, J. Mojto [et al.] // Czech Journal of Food Sciences. – 2010. – Vol. 28. – P. 161–167. DOI: <https://doi.org/10.17221/49/2008-CJFS>.
17. Dietary supplementation of oregano and sage dried leaves on performances and meat quality of rabbits / L. Rotolo, F. Gai, S. Nicola [et al.] // Journal of Integrative Agriculture. – 2013. – Vol. 12, № 11. – P. 1937–1945. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60631-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60631-0).
18. Petrescu, D. C. Consumer behaviour related to rabbit meat as functional food / D. C. Petrescu, R. M. Petrescu-Mag // World Rabbit Science. – 2018. – Vol. 26, № 4. – P. 321–333. DOI: <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.10435>.

References

1. Kiczorowska B, Samolińska W, Al-Yasiry ARM, Kiczorowski P, Winiarska-Mieczan A. The natural feed additives as immunostimulants in monogastric animal nutrition – a review. Annals of Animal Science. 2017;17(3):605–625. DOI: <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0076>.
2. Saeed M, El-Hack Abd, EM, Alagawany M, Arain MA, Arif M, Mirza MA, et al. Chicory (*Cichorium intybus*) herb: chemical composition, pharmacology, nutritional and healthical applications. International Journal of Pharmacology. 2017;13(4):351–360. DOI: <https://doi.org/10.3923/ijp.2017.351.360>.
3. Ponomarev VYa, Yunusov EhSh, Ezhkova GO. Vliyanie kormovykh mineral'nykh dobavok na kachestvennye i tekhnologicheskie pokazateli myasa krolikov [The effect of feed mineral additives on the quality and technological parameters of rabbit meat]. Bulletin of the Technological University. 2014;17(20):213–216. (In Russ.).
4. Konca Y, Cimen B, Yalcin H, Kaliber M, Beyzi SB. Effect of Hempseed (*Cannabis sativa* sp.) inclusion to the diet on performance, carcass and antioxidative activity in Japanese quail (*Coturnix Coturnix japonica*). Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 2016;34(2):141–150. DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.2.141>.
5. Robaina-Mesa M, Lopez-Hernandez OD, Rodriguez-Chanfrau JE, Nogueira-Mendoza A. Spray dried aqueous extract of *Orthosiphon aristatus* Blume. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences. 2017;53(3). DOI: <https://doi.org/10.1590/s2175-97902017000300015>.

6. Dokhani S, Durance TD, Cottrell T, Mazza G. Drying effects on major volatile and phenolic components of *Achillea filipendulina* lam. Journal of Essential Oil-Bearing Plants. 2012;15(6):885–894. DOI: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2012.10662590>.
7. Kornilova VA, Ishcheryakov AS, Makarov GA. Biologicheski aktivnaya dobavka v ratsionakh krolikov [Dietary supplement in rabbit diets]. Aktual'nye voprosy morfologii i biotekhnologii v zhivotnovodstve: materialy mezhdunarodnoy nauchnoprakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya professora O.P. Stulovoy [Issues of morphology and biotechnology in animal husbandry: materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of professor O.P. Stulova]; 2015; Kinel. Kinel: Samara State Agrarian University; 2015. p. 294–298. (In Russ.).
8. Singh G, Passari AK, Leo VV, Mishra VK, Subbarayan S, Singh BP, et al. Evaluation of phenolic content variability along with antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic potential of selected traditional medicinal plants from India. Frontiers in Plant Science. 2016;7:407 DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00407>.
9. Kurchaeva EE, Vostroilov AV, Maksimov IV, Kalashnikova SV, Glotova IA. Composite mixtures in the creation of functional products based on rabbit meat. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;422. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/422/1/012061>.
10. Ruleva TA. Krol'chatina kak dieticheskiy produkt. Ee khimicheskiy sostav i organolepticheskie pokazateli [Rabbit meat as a dietary product: chemical composition and sensory properties]. Innovation Science. 2016;(3–4):61–64. (In Russ.).
11. Aubert T. Dairy management: It's all in the feed [Interrnet]. [cited 2019 Nov 07]. Available from: <http://www.allaboutfeed.net/Feed-Additives/Articles/2017/6/Dairy-management-Its-all-in-the-feed-143796E/?dossier=25113&widgetid=0>.
12. Klyuchnikova OV, Kozhevnikova NP, Slobodyanik VS, Sukhareva IA, Sokolov AV. Funktsional'nye produkty na osnove myasa krolika [Functional products based on rabbit meat]. Advances in current natural sciences. 2012;(6):134–135. (In Russ.).
13. Cullere M, Concillato A, Dalle Zotte A. Effect of different rabbit prime cuts on raw and cooked proximate composition, cholesterol and fatty acids contents and nutrients true retention. 59th International Congress of Meat Science and Technology. 2013;(4):18–23.
14. Basharat S. Antioxidative potential of phytochemicals [Interrnet]. [cited 2019 Nov 07]. Available from: <https://www2.biomim.net/ru/stati/antioxidative-potential-of-phytochemicals>.
15. Palazzo M, Vizzari F, Nardoia M, Ratti S, Pastorelli G, Casamassima D. Dietary Lippia citriodora extract in rabbit feeding: effects on quality of carcass and meat. Archives Animal Breeding. 2015;58:355–364. DOI: <https://doi.org/10.5194/aab-58-355-2015>.
16. Simonová MP, Chrástínová L, Mojto J, Lauková A, Szábová R, Rafay J. Quality of rabbit meat and phyto-additives. Czech Journal of Food Sciences. 2010;28:161–167. DOI: <https://doi.org/10.17221/49/2008-CJFS>.
17. Rotolo L, Gai F, Nicola S, Zoccarato I, Brugiapaglia A, Gasco L. Dietary supplementation of oregano and sage dried leaves on performances and meat quality of rabbits. Journal of Integrative Agriculture. 2013;12(11):1937–1945. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60631-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60631-0).
18. Petrescu DC, Petrescu-Mag RM. Consumer behaviour related to rabbit meat as functional food. World Rabbit Science. 2018;26(4):321–333. DOI: <https://doi.org/10.4995/wrs.2018.10435>.

Сведения об авторах

Ворошилин Роман Алексеевич

аспирант, старший преподаватель кафедры агробиотехнологий, ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел.: +7 (3842) 75-09-54, e-mail: rom.vr.22@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7259-3085>

Курбанова Марина Геннадьевна

д-р техн. наук, декан агробиотехнологического факультета, ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел.: +7 (3842) 75-09-54, e-mail: kurbanova-mg@mail.ru

Рассолов Сергей Николаевич

д-р сельхоз. наук, декан зоотехнического факультета, ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел.: +7 (3842) 60-45-60, e-mail: sn_zenit@mail.ru

Information about the authors

Roman A. Voroshilin

Postgraduate Student, Senior Lecturer of the Department of Agrobiotechnology, Kuzbass State agricultural Academy, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 75-09-54, e-mail: rom.vr.22@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7259-3085>

Marina G. Kurbanova

Dr.Sci.(Eng.), Dean of the Faculty of Agrobiotechnology, Kuzbass State agricultural Academy, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 75-09-54, e-mail: kurbanova-mg@mail.ru

Sergey N. Rassolov

Dr.Sci.(Agr.), Dean of the Faculty of Livestock, Kuzbass State agricultural Academy, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 60-45-60, e-mail: sn_zenit@mail.ru

Ульрих Елена Викторовна

д-р техн. наук, профессор кафедры агробиотехнологий,
ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельско-
хозяйственная академия», 650056, Россия, г. Кемерово,
ул. Марковцева, 5, тел.: +7 (3842) 75-09-54, e-mail: elen.
ulrich@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4107-7277>

Elena V. Ulrich

Dr.Sci.(Eng.), Professor of Department of Agrobiotechnology,
Kuzbass State agricultural Academy, 5, Markovtseva Str.,
Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 75-09-54,
e-mail: elen.ulrich@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4107-7277>

Определение токоферолов в соевой окаре методом высокоэффективной жидкостной хроматографии

С. Н. Петрова*^{ORCID}, И. А. Максимова



Дата поступления в редакцию: 04.02.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»,
153000, Россия, г. Иваново, Шереметевский пр., 7

*e-mail: psn903@mail.ru



© С. Н. Петрова, И. А. Максимова, 2020

Аннотация.

Введение. Соевая окара, представляющая собой вторичный продукт после получения соевого молока, содержит комплекс ценных макро- и микронутриентов, в том числе жирорастворимых витаминов. В последнее время растет интерес к замене синтетических антиоксидантов на смесь натуральных форм токоферола. Поэтому использование сои и продуктов ее переработки, содержащих витамин Е, для пищевых, косметических и других целей является актуальным.

Объекты и методы исследования. В качестве анализируемого образца использовали соевый продукт, представляющий собой выжимки из соевых бобов. Содержание токоферолов в соевом продукте определено методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием стандартов фирмы Sigma Aldrich и соответствующих калибровочных зависимостей. В работе использовали спектрофотометрический метод определения токоферолов в стандартных растворах с последующим хроматографическим разделением с помощью флуориметрического детектирования.

Результаты и их обсуждение. Для определения токоферолов в соевой окаре подготовка пробы проведена модифицированным способом, заключающимся в обработке соевого продукта гексаном, последующей выдержке отфильтрованного раствора при низкой температуре и разделении образовавшихся фаз центрифугированием. Одновременно идентифицированы все формы токоферолов, за исключением β - и γ -форм. Хроматографическое разделение пиков этих форм затруднено в силу того, что их структурные формулы сходны и различаются лишь расположением метильных групп: орто- и пара-положение. Предложено определять сумму β - и γ -форм. Это не отразилось на объективности анализа, т. к. содержание β -токоферола в соевых продуктах составляет не выше 5 %.

Выводы. Предложенный способ подготовки пробы позволяет максимально отделить жировую фракцию, что положительно отражается на результатах анализа, и определить не только количественное, но и качественное содержание токоферолов в продукте. При этом уменьшается риск сбоя в работе хроматографического оборудования. Способ является более экономичным по трудозатратам и расходу используемых реактивов. Полученные результаты соответствуют литературным данным по содержанию токоферолов в соевых продуктах. Содержание токоферолов в соевой окаре составило 109 мг%.

Ключевые слова. Соя, витамин Е, изомеры токоферола, антиоксидант, гексан, спектрофотометрический метод, флуориметрическое детектирование

Для цитирования: Петрова, С. Н. Определение токоферолов в соевой окаре методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / С. Н. Петрова, И. А. Максимова // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 194–203. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-194-203>.

Original article

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

Tokopherols in Okara (Soy Pulp): Highly Efficient Liquid Chromatography

S.N. Petrova*^{ORCID}, I.A. Maximova

Received: February 04, 2020
Accepted: May 29, 2020

Ivanovo State University of Chemistry and Technology,
7, Sheremetievskiy Ave., Ivanovo, 153000, Russia

*e-mail: psn903@mail.ru



© S.N. Petrova, I.A. Maximova, 2020

Abstract.

Introduction. Soy pulp, or okara, is a soy milk by-product. It contains a complex of valuable macro- and micronutrients, including

fat-soluble vitamins. Recently, there has been a growing interest in replacing synthetic antioxidants with a mix of natural tocopherols. Soy beans and their by-products contain vitamin E and therefore can be used in food production, cosmetic, etc.

Study objects and methods. The present research featured soy pulp. The content of tocopherols in the soy product was determined by high performance liquid chromatography using Sigma Aldrich standards and corresponding calibration dependencies. The research also involved spectrophotometry for determining tocopherols in standard solutions followed by chromatographic separation using fluorimetric detection.

Results and discussion. To determine tocopherols in the okara, the test samples were treated with hexane. The filtered solution was exposed to low temperatures, after which the phases formed by centrifugation were separated. The samples were tested for all forms of tocopherols with the exception of β - and γ -forms. The chromatographic separation of the peaks of these forms was difficult due to the fact that their structural formulas were similar and differed only in the arrangement of methyl groups, i.e. the ortho- and para-position. As a result, it was decided to determine the sum of the β - and γ -forms, which did not affect the objectivity of the analysis, since, according to published data, the content of β -tocopherol in soy products stays within 5%.

Conclusion. The proposed method for sample preparation made it possible to improve the separation of the lipid fraction, which had a positive effect on the results of the analysis. The method also determined not only the quantitative, but also the qualitative content of tocopherols in the product. This reduced the risk of malfunctioning chromatographic equipment: the method proved more economical in terms of labor and reagent use. The obtained results corresponded to the existing scientific data on the content of tocopherols in soy products. The content of tocopherols in soy okara was 109 mg%.

Keywords. Soy, vitamin E, tocopherol isomers, antioxidant, hexane, spectrophotometric method, photometric detection, fluorimetric detection

For citation: Petrova SN, Maximova IA. Tokopherols in Okara (Soy Pulp): Highly Efficient Liquid Chromatography. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):194–203. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-194-203>.

Введение

В последние годы как у нас в стране, так и за рубежом, активно ведутся научные исследования по улучшению пищевой ценности продуктов пищевого и кормового назначения. Одним из решений в этом направлении является возможность использования новых источников натуральных компонентов, содержащих ценные макро- и микронутриенты, а также биологически активные соединения. Особый интерес представляют соя и продукты ее переработки, используемые в различных отраслях экономики [1]. Соя выращивают в основных сельскохозяйственных регионах 90 стран. Мировое производство ее достигает 300 млн. тонн. Успешное продвижение обусловлено как ее огромными возможностями в пищевой индустрии, так и агрономическими и даже экологическими, по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами. Согласно принятой Целевой отраслевой программе «Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на период 2014–2020 гг.» в последние годы существенно расширились посевные площади под соей в России. Главным регионом производства сои в нашей стране является Дальний Восток, где сконцентрировано 70 % ее посевов. Существенно расширяются посевные площади и в Центральном регионе России. Так, если в 2000 г. объемы производства сои составляли 340 тыс тонн, то уже в 2010 г. достигли 1 млн. тонн, а в 2018 г. превысили 3,6 млн. тонн. Российская соя ценится как внутри страны, так и на мировом рынке, т. к. она выращивается из семян, не являющихся генетически модифицированными [2].

Известны две основные технологии переработки соевых семян. В первой получают соевое масло и

шрот, который затем перерабатывают в изоляты, концентраты, текстураты и другие продукты. При второй соевые бобы подвергают измельчению и водной обработке с получением соевого молока и окары. При растущем спросе на соевые продукты молочного типа актуальной является проблема использования побочного продукта ее переработки – окары, которая содержит комплекс ценных пищевых компонентов [3–6]. Состав соевой окары может меняться в зависимости как от исходного состава соевых семян, так и от способа их переработки. Она содержит (% на сухое вещество): белок – 18–24, жиры – 10–13, углеводы – 13–39, клетчатку – 17–25, витамины и минералы, среди которых преобладают калий, фосфор, кальций, магний, железо – 1046, 396, 260, 163 и 6,2 мг% (мг на 100 г) соответственно [7]. Соевый белок окары обладает высокой влагоудерживающей способностью, хорошей жиросвязывающей способностью и высокими эмульсионными свойствами. Содержит в своем составе 16 аминокислот, в том числе все незаменимые, и отличается высокой степенью усвояемости. Соевая окара представляет собой влажную массу без выраженного особого вкуса и запаха из-за чего находит широкое применение в производстве как пищевых продуктов, так и кормов для животных. При частичном замещении пшеничной муки на соевую окару предлагают производить хлебобулочные и мучные кондитерские изделия функционального назначения с улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями [8–12]. При включении продуктов переработки сои в состав мучных изделий повышается содержание белка и токоферолов [13]. Применение окары в производстве макаронных изделий позволило получить продукт

повышенной пищевой ценности за счет улучшения аминокислотного состава белкового нутриента и повышения содержания клетчатки [14, 15]. Подтверждена возможность использования окары в композиционных рецептурах мясных изделий лечебно-профилактической направленности с высокими функционально-технологическими характеристиками в отношении кишечной микрофлоры, а также образования стабильных эмульсий и гелей [7, 16]. Введение окары в рацион животных оптимизирует белковый обмен и повышает иммунную резистентность их организмов [17–19].

Поскольку окара – это побочный продукт водной обработки сои, то жирорастворимые витамины, как и гидрофобные соединения, остаются в ней. Соя богата токоферолами природного происхождения [20, 21]. Они обладают антиоксидантной активностью и более физиологичны для ферментной системы живых организмов, по сравнению с синтетическими антиоксидантами, что позволяет при включении ее в состав других продуктов уменьшить дозировку синтетических антиоксидантов (бутилгидрокситолуол, бутилгидроксианизол, пропилгаллат и трет-бутилгидрохинон), безопасность которых ставится под сомнение современными исследованиями [22–24]. В связи с этим изучение витаминного состава соевой окары, а именно содержания токоферолов, является актуальным. Антиоксидантная способность соевой окары исследовалась в [25, 26].

Литературные данные по содержанию токоферолов в семенах сои отличаются. Это обусловлено генетическими особенностями ее сортов, агроклиматическими условиями выращивания, технологическими условиями переработки сырья, а также методами определения витамина [27, 28]. Для определения токоферолов используется метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ). Его высокая чувствительность и точность дают возможность получить надежные результаты. Этот метод позволяет проводить одновременное определение всех форм токоферолов [29–31]. Однако не всегда удается добиться полного разрешения пиков, соответствующих разным изомерам [32].

Для проведения ВЭЖХ-анализа рекомендовано вести пробоподготовку методом прямой экстракции с использованием неполярных растворителей для маслосодержащих объектов с небольшим содержанием влаги. Для прочих продуктов – с проведением предварительного щелочного высокотемпературного омыления образца и его неоднократного перерастворения. Последний вариант трудоемкий и занимает 90 % затраченного времени на анализ, а также не исключает возможности разрушения токоферолов природного происхождения и их потерю [33–35].

Целью настоящей работы являлось определение токоферолов в соевой окаре и подбор условий анализа методом ВЭЖХ: опробирование модифицированного варианта подготовки пробы и подбор элюирующей системы с целью лучшего разделения изомеров токоферолов.

Объекты и методы исследования

В работе использовали спектрофотометр Nano Drop 2000, жидкостной хроматограф GalaxyVarian 920 LC с фотометрическим и флуориметрическим детекторами, хроматографическую колонку Chromsep HPLC Column HPLC (5 μ m, 4,6 \times 250 мм) или аналогичную ей Agilent Zorbax RX-SIL (5 μ m, 4,6 \times 250 мм).

В работе использовали стандарты токоферолов фирмы Sigma Aldrich. Из-за чувствительности токоферолов к УФ-излучению все операции выполняли в местах, защищенных от сильного естественного и люминесцентного освещения. Концентрацию стандартных растворов токоферолов определяли спектрофотометрически. Условия фотометрических измерений представлены в таблице 1. Расчет концентрации растворов вели по удельному и по молярному коэффициентам поглощения (табл. 2). Убедившись в эквивалентности двух способов спектрофотометрического определения концентрации токоферолов в растворе, использовали средние значения концентраций стандартных растворов. Из растворов стандартов был приготовлен ряд градуированных растворов токоферолов для построения калибровочных зависимостей в

Таблица 1. Условия фотометрических измерений¹

Table 1. Conditions for photometric measurements¹

Токоферолы	Молярная масса, г/моль	Длина волны, нм	Удельный коэффициент поглощения $\epsilon_{1\text{см}}^{1\%}$ (этанол)	Молярный коэффициент поглощения, ϵ (гексан)
α -	430,71	292	76	3265
β -	416,69	296	89	3725
γ -	416,69	298	91	3809
δ -	402,66	298	87	3515

¹ ГОСТ EN 12822-2014. Продукты пищевые. Определение содержания витамина E (α -, β -, γ - и δ -токоферолов) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. М. : Стандартинформ, 2015. – 25 с.

Таблица 2. Концентрации растворов изомеров токоферолов

Table 2. Concentrations of solutions of tocopherol isomers

Токоферолы	Концентрация расчетная, мкг/мл	Определяемая концентрация		Среднее значение концентрации, мкг/мл
		по удельному поглощению, мкг/мл	по молярному поглощению, мкг/мл	
α-	100	104,48	104,48	104,48
β-		100,22	100,01	100,12
γ-		100,66	100,43	100,55
δ-		99,77	99,66	99,72

Таблица 3. Программа элюирования

Table 3. Elution program

Время, мин	Скорость потока, мл/мин	Буфер А, %	Буфер В, %	Буфер С, %
0,0	0,500	60	2	38
10,0	0,500	60	2	38
10,3	0,500	0	80	20
10,7	0,500	0	80	20
11,0	0,500	60	2	38
25,0	0,500	60	2	38

условиях фотометрического и флуориметрического детектирования, используемых для количественного определения форм токоферола в анализируемой пробе.

Для хроматографических измерений выбрана следующая буферная система: Буфер А:Гексан; Буфер В:Метанол; Буфер С:Гексан:1-Хлорбутан (6:4). Данная система позволяет лучше разделить изомеры токоферолов при данном способе элюирования (табл. 3).

В качестве объекта исследования использовали соевую окару. Пробоподготовку осуществляли

методом прямой экстракции в неполярном растворителе и низкотемпературной обработке, позволяющей отделить водорастворимые соединения, попавшие в гексановый раствор, и другие вещества, с температурой застывания выше $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

К 0,5 г анализируемой пробы добавляли 50 мл гексана. Перемешивали с использованием мультиротатора Biosan Multi Bio RS-24. Отфильтрованный гексановый раствор поместили в низкотемпературный морозильник на 2–4 ч при температуре $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. После выдержки отбирали 1 мл гексанового раствора и центрифугировали его 10 мин (11 000 об/мин при температуре $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Для анализа использовали верхнюю гексановую фракцию. Массовую долю изомеров токоферолов рассчитывали по формуле:

$$X = (C_{\text{cp}} \cdot V)/m \quad (1)$$

где X – массовая доля токоферолов (мг/кг);

C_{cp} – среднеарифметическое значение результатов измерений площади пика анализируемого компонента для трех параллельных хроматографических анализов испытуемого раствора (мкг/мл);

V – объем разведения (мл);

m – масса анализируемой пробы (г).

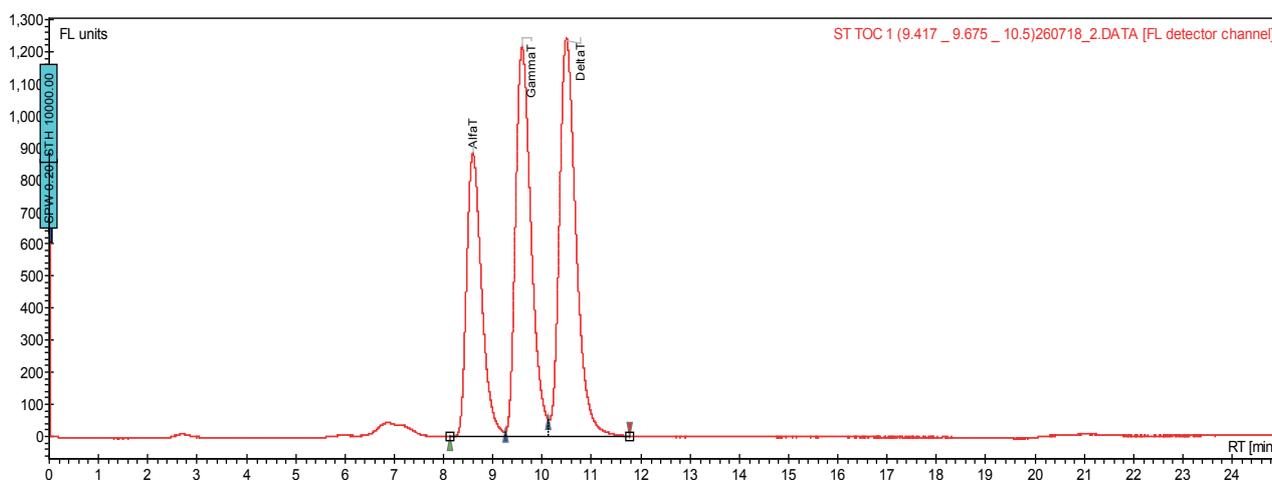


Рисунок 1. Хроматограмма стандартов токоферолов (флуориметрический детектор).

По оси абсцисс – время удерживания, мин; по оси ординат – сигнал детектора, мВ

Figure 1. Chromatogram of tocopherol standards (fluorimetric detector). X-axis – retention time, min; Y-axis – detector signal, mV

Таблица 4. Экспериментальные данные для стандартов токоферолов

Table 4. Experimental data for tocopherol standards

Формы токоферолов	Время удержания Rt, мин	Уравнения калибровочных графиков
α-	8,40–8,60	$y = 34,39x$ ($R^2 = 0,9987$)
β- + γ-	9,40–9,60	$y = 41,25x$ ($R^2 = 0,9996$)
δ-	10,30–10,50	$y = 49,11x$ ($R^2 = 0,9996$)

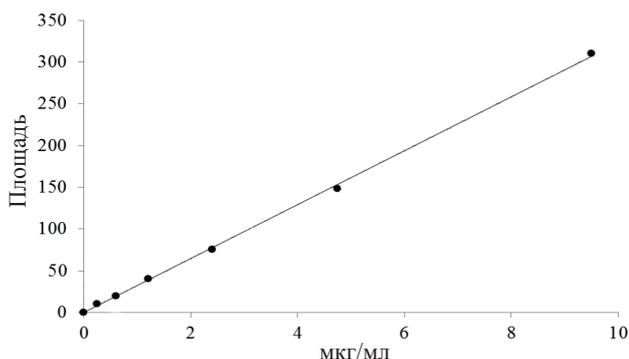


Рисунок 2. Калибровочный график для α-токоферола.

По оси абсцисс – концентрация, мкг/мл, по оси ординат – площадь пиков

Figure 2. Calibration graph for α-tocopherol.

X-axis – the concentration, μg/mL; Y-axis – the peak area

Результаты и их обсуждение

Первоначально исследовали растворы стандартов (рис. 1) изомеров токоферола в гексане (регистрировали не менее 5 хроматограмм каждого раствора). Время выхода изомеров β- и γ-форм в данных условиях хроматографического анализа

совпадало. Изменение условий элюирования не позволило провести их разделение. Поскольку известно, что β-форма содержится в сое в количестве до 5 % от суммы токоферолов, то было решено вести расчет суммарного количества β- и γ-форм в образце [28, 29]. Время удержания (Rt, мин) стандартов токоферолов представлено в таблице 4. Из полученных значений площадей хроматографических пиков находили среднее арифметическое (использовали значения, расхождение между которыми не превышало 10 %) и строили калибровочные зависимости площади пика от концентрации компонента. Данный график для α-токоферола представлен на рисунке 2. Для других форм изомеров токоферола калибровочные зависимости идентичны. Уравнения этих графиков представлены в таблице 4.

В соевой окаре витамин Е находится в незетерифицированной форме и пробоподготовка с использованием высокотемпературного щелочного омыления и последующего неоднократного перерастворения пробы может привести к его частичному разрушению и потерям. Поскольку температура заморзания гексана составляет –95 °С, а температуры застывания большинства триглицеридов – до –20 °С, то ожидали, что после выдержки гексанового раствора пробы соевого продукта на холоде (при –70 °С) омыляемая фракция липидной составляющей будет находиться в кристаллическом состоянии. При проведении подготовки пробы соевого образца для анализа выдерживанием измельченного материала в гексане с последующей фильтрацией и низкотемпературной выдержкой наблюдали четкое разделение фаз, образование дискретной жировой фазы. Отбирали верхнюю часть гексанового раствора и отделяли образовавшиеся кристаллы центрифугированием. Для хроматографического анализа использовали прозрачную фракцию.

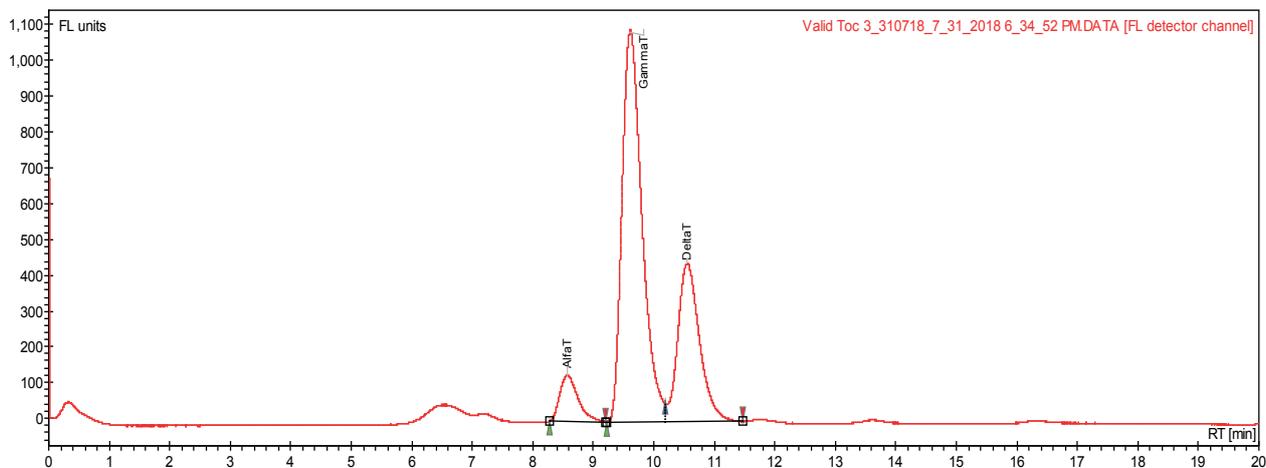


Рисунок 3. Хроматограмма образца соевого продукта (флуориметрический детектор).

По оси абсцисс – время удерживания, мин; по оси ординат – сигнал детектора, мВ

Figure 3. Chromatogram of a soy product sample (fluorimetric detector). X-axis – retention time, min; Y-axis – detector signal, mV

Таблица 5. Содержание токоферолов в образце соевого продукта

Table 5. Tocopherol content in the soy sample

Формы токоферола	Экспериментальные данные		Литературные данные [28, 36]	
	Количество, мг/кг	Процентное соотношение, %	Количество, мг/ кг	Процентное соотношение, %
α -	131,1 \pm 20	12	75–1000	10,0–13,6
β - + γ -	699,1 \pm 59	64	β : 0–60 γ : 600–1400	β : 0–1,8 γ : 62–67 γ : 62–67
δ -	262,2 \pm 21	24	200–500	19,5–24
Сумма	1092,4 \pm 100	100	750–3050	100

Предварительно подобные обработки проводили и с гексановыми растворами стандартов токоферолов. При этом образование кристаллов не наблюдали. Убедились в том, что описанные манипуляции не оказывают влияния на время выхода, высоту и площадь пиков токоферолов.

На рисунке 3 представлена экспериментальная хроматограмма образца соевой окары. Наблюдаемые пики соответствуют пикам стандартов. Время выхода пиков совпадает со временем удержания стандартных растворов. Это позволяет сделать вывод о качественном составе токоферолов анализируемого образца.

Согласно калибровочным зависимостям определено количественное содержание и процентное соотношение токоферолов в образце (табл. 5). Полученные значения совпадают с литературными данными [28, 36]. В соевой окаре содержание токоферолов составило 109 мг%, что говорит о ее антиоксидантных свойствах. Использование окары в производстве различных продуктов позволит снизить долю синтетических антиоксидантов.

Предлагаемый способ пробоподготовки позволил определить все формы токоферолов в соевом продукте. Он является более экономичным по трудозатратам и расходу используемых реактивов. Исключается проведение высокотемпературного щелочного гидролиза образца, экстрагирование токоферолов гексаном из полученного щелочного раствора, промывка последнего до нейтральной реакции и осушение его безводным сульфатом натрия. При этом уменьшается риск выхода из рабочего состояния хроматографического оборудования за счет того, что низкотемпературная выдержка позволяет отделить от гексанового раствора токоферолов омыляемые фракции липидов и другие, загрязняющие колонки, примеси.

Выводы

В настоящей работе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии определено содержание токоферолов в соевой окаре, представляющей собой вторичный продукт получения соевого молока.

Предложен и опробован модифицированный способ пробоподготовки растительного объекта, заключающийся в обработке измельченного биоматериала гексаном с последующей низкотемпературной выдержкой отфильтрованного гексанового раствора и центрифугировании. Предлагаемая подготовка образца позволила провести качественное и количественное определение изомеров токоферолов в природном материале, содержащем неэтерифицированные формы витамина Е. Также подготовка является менее трудоемкой и экономически выгодной с точки зрения расходования химических реактивов. Уменьшается риск сбоя в работе хроматографического оборудования, поскольку низкотемпературная выдержка позволяет отделить от гексанового раствора токоферолов омыляемые фракции липидов и другие, загрязняющие колонки, примеси. Выбор буферной системы позволил получить хорошее разделение изомеров токоферолов.

Благодаря наличию токоферолов в соевой окаре использование ее как в пищевых, так и в других целях, позволит, кроме обогащения другими полезными нутриентами, увеличить содержание витамина Е, проявляющего антиоксидантные свойства, и снизить долю синтетических антиоксидантов.

Критерии авторства

Все авторы внесли равнозначный вклад в концепцию представленного исследования, в получение и анализ данных, а также их интерпретацию.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают особую благодарность руководству исследовательской лаборатории ООО «ИЛ Тест-Пушино» в лице генерального директора В. М. Возняка, а также Л. М. Винокурову и Б. З. Елецкой за оказанную помощь при проведении исследования и обработку полученных результатов.

Contribution

All authors made an equal contribution to the concept of the presented study; as well as in obtaining, analyzing and interpreting the data.

Conflict of interest

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

Acknowledgements

The authors express their sincere gratitude to the management of the research laboratory of LLC IL Test-Pushchino: the general director V.M. Voznyak, L.M. Vinokurov, and B.Z. Yelets for the assistance provided during the study and the processing of the results.

Список литературы

1. Линников, П. И. Российский рынок сои: тенденции, перспективы развития / П. И. Линников // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 10. – С. 81–86. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.v0i10.595>.
2. Дорохов, А. С. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития / А. С. Дорохов, М. Е. Бельштина, К. К. Большева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – Т. 47, № 3. – С. 25–33. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-3-25-33>.
3. Стаценко, Е. М. Оценка технологических свойств зерна сои сортов селекции всероссийского НИИ сои и продуктов его переработки для определения их пригодности к использованию в пищевом производстве / Е. С. Стаценко, О. В. Литвиненко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2019. – Т. 7, № 3. – С. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.14529/food190304>.
4. Effects of pretreatments on the structure and functional properties of okara protein / X. Tao, Y. J. Cai, T. X. Liu [et al.] // Food Hydrocolloids. – 2019. – Vol. 90. – P. 394–402. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.028>.
5. Soybean residue (okara) fermentation with the yeast *Kluyveromyces marxianus* / Y. Hu, C. H. Piao, Y. Chen [et al.] // Food Bioscience. – 2019. – Vol. 31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100439>.
6. Vong, W. C. Biovalorisation of okara (soybean residue) for food and nutrition / W. C. Vong, S. Q. Liu // Trends in Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 52. – P. 139–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.011>.
7. Садовой, В. В. Соевая пищевая окара в композиционных рецептурах мясных изделий / В. В. Садовой, В. А. Самылина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2005. – Т. 284, № 1. – С. 46–48.
8. Бегеулов, М. Ш. Использование соевой окары в хлебопечении / М. Ш. Бегеулов // Хлебопродукты. – 2010. – № 7. – С. 40–42.
9. Федорова, Р. А. Исследование влияния окары на качество хлеба / Р. А. Федорова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 42. – С. 46–51.
10. Кодирова, Г. А. Вторичное соевое сырье как компонент в производстве мучных кондитерских изделий / Г. А. Кодирова, Г. В. Кубанкова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 141, № 6. – С. 182–186.
11. Гусева, Т. И. Обогащение сдобного печенья соевой окарой / Т. И. Гусева, Т. И. Гулова // Современное хлебопекарное производство: перспективы развития – Материалы XVII Всероссийской заочной научно-практической конференции / Уральский государственный экономический университет. – Екатеринбург, 2016. – С. 116–121.
12. Park, J. Cookies formulated from fresh okara using starch, soy flour and hydroxypropyl methylcellulose have high quality and nutritional value / J. Park, I. Choi, Y. Kim // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 63, № 1. – P. 660–666. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.110>.
13. Обоснование технологических подходов к получению и использованию зародышевой фракции семян сои в пищевых продуктах спецназначения / С. М. Доценко, И. В. Бибик, Д. В. Купчак [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 38, № 3. – С. 76–83.
14. Безотходная переработка сои: использование соевой окары в макаронном производстве / Г. А. Осипова, Л. А. Самофалова, Н. А. Березина [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – Т. 29, № 1. – С. 56–62. DOI: <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11073>.
15. Kang, M. J. Rice noodle enriched with okara: Cooking property, texture, and *in vitro* starch digestibility / M. J. Kang, I. Y. Bae, H. G. Lee // Food Bioscience. – 2018. – Vol. 22. – P. 178–183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.02.008>.
16. Сарбатова, Н. Ю. Соевая окара в рецептурах мясных и мясосодержащих изделий / Н. Ю. Сарбатова, Н. В. Потрясов // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции – Сборник статей по материалам II научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / Кубанский государственный аграрный университет. – Краснодар, 2016. – С. 157–160.
17. Дежаткина, С. В. Морфологический состав крови свиней при добавлении в рацион соевой окары / С. В. Дежаткина, З. М. Губейдуллина, А. З. Мухитов // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2014. – Т. 217, № 1. – С. 65–70.

18. Дежаткина, С. В. Показатели кальций-фосфорного обмена в тканях свиней при скармливании соевой окары / С. В. Дежаткина, Н. А. Любин, М. Е. Дежаткин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – Т. 38, № 2. – С. 76–79. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2017-2-76-79>.
19. Воротникова, И. А. Показатели обмена веществ у индеек на фоне скармливания модифицированного цеолита и соевой окары / И. А. Воротникова, С. В. Дежаткина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – Т. 48, № 4. – С. 161–164. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-4-161-164>.
20. Parrish, D. B. Determination of vitamin E in foods – a review / D. B. Parrish, A. E. Waltking // CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 1980. – Vol. 13, № 2. – P. 161–187. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398009527288>.
21. Хайрулина, Т. П. Действие температурного и водного стрессоров на содержание низкомолекулярных антиоксидантов в семенах сои / Т. П. Хайрулина, Е. А. Семенова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 77, № 2. – С. 22–26.
22. Taghvaei, M. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives / M. Taghvaei, S. M. Jafari // Journal of Food Science and Technology. – 2013. – Vol. 52, № 3. – P. 1272–1282. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1080-1>.
23. Сизова, Н. В. Определение токоферолов как липидных антиоксидантов в растительных маслах и животных жирах / Н. В. Сизова // Химия растительного сырья. – 2013. – № 1. – С. 157–163. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.1301157>.
24. Antioxidant properties, profile of polyphenolic compounds and tocopherol content in various walnut (*Juglans regia* L.) varieties / K. Pycia, I. Kapusta, G. Jaworska [et al.] // European Food Research and Technology. – 2018. – Vol. 245, № 3. – P. 607–616. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3184-3>.
25. Impact of thermal treatment and hydrolysis by Alcalase and *Cynara cardunculus* enzymes on the functional and nutritional value of Okara / G. B. Voss, H. Osorio, M. P. Valente [et al.] // Process Biochemistry. – 2019. – Vol. 83. – P. 137–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.05.010>.
26. Improvement of the antioxidant activity of Chinese traditional fermented okara (Meitauza) using *Bacillus subtilis* B2 / Y. P. Zhu, J. F. Fan, Y. Q. Cheng [et al.] // Food Control. – 2008. – Vol. 19, № 7. – P. 654–661. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.07.009>.
27. Изменчивость содержания различных форм токоферолов в семенах сои / С. С. Рябуха, С. М. Тымчук, В. В. Поздняков [и др.] // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2011. – Т. 148–149, № 2. – С. 81–85.
28. Токоферолы семян сои / Л. А. Кучеренко, С. Г. Ефименко, В. С. Петибская [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2008. – Т. 303–304, № 2–3. – С. 24–26.
29. Прохвятилова, С. С. Определение витамина Е в фармацевтических препаратах методом ВЭЖХ / С. С. Прохвятилова // Фармация. – 1998. – № 3. – С. 41–44.
30. Кищенко, В. А. Определение токоферолов в маслах и маслосодержащих продуктах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии / В. А. Кищенко, И. В. Левчук, С. Г. Ефименко // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2007. – Т. 137, № 2. – С. 35–38.
31. Tsochatzis, E. D. Validated RP-HPLC method for simultaneous determination of tocopherols and tocotrienols in whole grain barley using matrix solid-phase dispersion / E. D. Tsochatzis, R. Tzimou-Tsitouridou // Food Analytical Methods. – 2014. – Vol. 8, № 2. – P. 392–400. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9904-9>.
32. Yang, F. Post-synthetic modification of MIL-101(Cr) with pyridine for high-performance liquid chromatographic separation of tocopherols / F. Yang, C. X. Yang, X. P. Yan // Talanta. – 2015. – Vol. 137. – P. 136–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.01.022>.
33. Журавлева, Л. Н. Связь между изомерным составом токоферолов и длительностью фритюрного жарения масел / Л. Н. Журавлева // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции – Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и аспирантов / Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий Российской академии сельскохозяйственных наук. – Краснодар, 2014. – С. 147–149.
34. Ещенко, А. Ю. Определение токоферолов и токотриенолов в растительных маслах и некоторые особенности их состава / А. Ю. Ещенко, И. Г. Зенкевич // Вестник Санкт-Петербургского университета. Физика и химия. – 2006. – № 4. – С. 68–75.
35. Изменение содержания витаминов при производстве и хранении мучных кондитерских изделий / М. В. Осипов, О. С. Руденко, Ф. И. Парашина [и др.] // Пищевая промышленность. – 2018. – № 12. – С. 46–49.
36. Скурихин, И. М. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

References

1. Linnikov PI. Russian soybean market: trends, development prospects. The Agrarian Scientific Journal. 2018;(10):81–86. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.v0i10.595>.

2. Dorokhov AS, Belyshkina ME, Bolsheva KK. Soy production in the Russian Federation: basic trends and development prospects. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019;47(3):25–33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-3-25-33>.
3. Statsenko ES, Litvinenko OV. Assessment of technological properties of soybean grain of the FSBSI ARSRI of soybean and its processing products to determine their suitability for use in food production. *Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2019;7(3):31–40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14529/food190304>.
4. Tao X, Cai YJ, Liu TX, Long Z, Huang LH, Deng XL, et al. Effects of pretreatments on the structure and functional properties of okara protein. *Food Hydrocolloids*. 2019;90:394–402. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.12.028>.
5. Hu Y, Piao CH, Chen Y, Zhou YN, Wang D, Yu HS, et al. Soybean residue (okara) fermentation with the yeast *Kluyveromyces marxianus*. *Food Bioscience*. 2019;31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100439>.
6. Vong WC, Liu SQ. Biovalorisation of okara (soybean residue) for food and nutrition. *Trends in Food Science and Technology*. 2016;52:139–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.04.011>.
7. Sadovoy VV, Samylina VA. Soevaya pishchevaya okara v kompozitsionnykh retsepturakh myasnykh izdeliy [Soy okara in compositional formulations of meat products]. *News institutes of higher Education. Food technology*. 2005;284(1):46–48. (In Russ.).
8. Begeulov M. Using soybean okara in bread. *Bread products*. 2010;(7):40–42. (In Russ.).
9. Fedorova RA. Investigation of the effect on the okara of quality bread. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2016;(42):46–51. (In Russ.).
10. Kodirova GA, Kubankova GV. Secondary soy raw material as a component in the production of flour confectionery. *Bulletin of KSAU*. 2018;141(6):182–186. (In Russ.).
11. Guseva TI, Gulova TI. Obogashchenie sdobnogo pechen'ya soevoy okaroy [Fortification of butter cookies with soy okara]. *Sovremennoe khlebopekarnoe proizvodstvo: perspektivy razvitiya – Materialy XVII Vserossiyskoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Modern bakery production: development prospects – Proceedings of the XVII All-Russian Correspondence Scientific and Practical Conference]*; 2016; Yekaterinburg. Yekaterinburg: Urals State University of Economics; 2016. p. 116–121. (In Russ.).
12. Park J, Choi I, Kim Y. Cookies formulated from fresh okara using starch, soy flour and hydroxypropyl methylcellulose have high quality and nutritional value. *LWT – Food Science and Technology*. 2015;63(1):660–666. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.110>.
13. Dotsenko SM, Bibik IV, Kupchak DV, Obukhov EB, Gryzlov VM, Agafonov IV. Technological approach to obtaining and using soybean seed germ fraction in specific foods. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2015;38(3):76–83. (In Russ.).
14. Osipova GA, Samofalova LA, Berezina NA, Seregina TV. Wasteless processing of soy: use soya okara in macaroni manufacture. *Legumes and Groat Crops*. 2019;29(1):56–62. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2019-11073>.
15. Kang MJ, Bae IY, Lee HG. Rice noodle enriched with okara: Cooking property, texture, and in vitro starch digestibility. *Food Bioscience*. 2018;22:178–183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2018.02.008>.
16. Sarbatova NYu, Potryasov NV. Soevaya okara v retsepturakh myasnykh i myasosoderzhashchikh izdeliy [Soy okara in the formulations of meat and meat-containing products]. *Sovremennye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaystvennoy produktsii – Sbornik statey po materialam II nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh [Modern aspects of production and processing of agricultural products – Proceedings of the II scientific-practical conference of students, graduate students, and young scientists]*; 2016; Krasnodar. Krasnodar: Kuban State Agrarian University; 2016. p. 157–160. (In Russ.).
17. Dezhatkina SV, Gubeidullina ZM, Muhytov AZ. Morphological composition of blood pigs when you add in the diet of soy okara. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2014;217(1):65–70. (In Russ.).
18. Dezhatkina SV, Lyubin NA, Dezhatkin ME. Parametres of calcium – phosphorus tissue metabolism of pigs, when feeding them with soy okara. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2017;38(2):76–79. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2017-2-76-79>.
19. Vorotnikova IA, Dezhatkina SV. Turkey metabolism parametres in case of feeding them with modified zeolite and soy okara. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019;48(4):161–164. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2019-4-161-164>.
20. Parrish DB, Walting AE. Determination of vitamin E in foods – a review. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1980;13(2):161–187. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398009527288>.
21. Hayrulina TP, Semenova EA. The temperature and water stressors impact on the low-molecular antioxidant content in soya seeds. *Bulletin of KSAU*. 2013;77(2):22–26. (In Russ.).
22. Taghvaei M, Jafari SM. Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. *Journal of Food Science and Technology*. 2013;52(3):1272–1282. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1080-1>.
23. Sizova NV. The vitamin E content in edible and pharmaceutical oils. *Chemistry of plant raw material*. 2013;(1):157–163. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.1301157>.
24. Pycia K, Kapusta I, Jaworska G, Jankowska A. Antioxidant properties, profile of polyphenolic compounds and tocopherol content in various walnut (*Juglans regia* L.) varieties. *European Food Research and Technology*. 2018;245(3):607–616. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3184-3>.

25. Voss GB, Osorio H, Valente MP, Pintado ME. Impact of thermal treatment and hydrolysis by Alcalase and *Cynara cardunculus* enzymes on the functional and nutritional value of Okara. *Process Biochemistry*. 2019;83:137–147. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.05.010>.
26. Zhu YP, Fan JF, Cheng YQ, Li LT. Improvement of the antioxidant activity of Chinese traditional fermented okara (Meitauza) using *Bacillus subtilis* B2. *Food Control*. 2008;19(7):654–661. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2007.07.009>.
27. Ryabukha SS, Tymchouk SM, Pozdnyakov VV, Tertyshnyi AV. Content variability of to-copherols of different forms in soybean seeds. *Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK*. 2011;148–149(2):81–85. (In Russ.).
28. Kucherenko LA, Efimenko SG, Petibskaya VS, Prudnikova TN. Tokoferoly semyan soi [Soybean tocopherols]. *News institutes of higher Education. Food technology*. 2008;303–304(2–3):24–26. (In Russ.).
29. Prokhvatilova SS. Opreделение vitamina E v farmatsevticheskikh preparatakh metodom VEZHZH [HPLC determination of vitamin E in pharmaceuticals]. *Farmatsiya*. 1998;(3):41–44. (In Russ.).
30. Kishenko VA, Levshuk IV, Efimenko SG. Determination of tocopherols in oils and oil content products with the method of highly effective liquid chromatography. *Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK*. 2007;137(2):35–38. (In Russ.).
31. Tsochatzis ED, Tzimou-Tsitouridou R. Validated RP-HPLC method for simultaneous determination of tocopherols and tocotrienols in whole grain barley using matrix solid-phase dispersion. *Food Analytical Methods*. 2014;8(2):392–400. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12161-014-9904-9>.
32. Yang F, Yang CX, Yan XP. Post-synthetic modification of MIL-101(Cr) with pyridine for high-performance liquid chromatographic separation of tocopherols. *Talanta*. 2015;137:136–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.01.022>.
33. Zhuravleva LN. Svyaz' mezhd u izomernym sostavom tokoferolov i dlitel'nost'yu frityurnogo zhareniya masel [Isomeric composition of tocopherols vs. deep frying time]. *Nauchnoe obespechenie innovatsionnykh tekhnologiy proizvodstva i khraneniya sel'skokhozyaystvennoy i pishchevoy produktsii – Sbornik materialov II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i aspirantov [Scientific support for innovative technologies for the production and storage of agricultural and food products – Proceedings of the II All-Russian scientific and practical conference of young scientists and graduate students]; 2014; Krasnodar. Krasnodar: State All-Russian scientific research institute of tobacco, makhorka and tobacco products of All-Russian Academy of Agriculture; 2014. p. 147–149. (In Russ.).*
34. Eshchenko AY, Zenkevich IG. Determination of tocopherols and tocotrienols in plant oils and some features of their composition. *Vestnik of Saint Petersburg University. Physics and Chemistry*. 2006;(4):68–75. (In Russ.).
35. Osipov MV, Rudenko OS, Parashina FI, Petrova NA, Yuzhakova KV, Savenkova TV. Change of the content of vitamins in the manufacture and storage of flour confectionery products. *Food Industry*. 2018;(12):46–49. (In Russ.).
36. Skurikhin IM, Tutel'yan VA. Khimicheskii sostav rossiyskikh pishchevykh produktov: Spravochnik [Chemical composition of Russian food products: Manual]. Moscow: DeLi print; 2002. 236 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Петрова Светлана Николаевна

канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры технологии пищевых продуктов и биотехнологии, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 153000, Россия, г. Иваново, Шереметевский пр., 7, e-mail: psn903@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4288-7514>

Максимова Ирина Александровна

магистрант кафедры технологии пищевых продуктов и биотехнологии, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 153000, Россия, г. Иваново, Шереметевский пр., 7

Information about the authors

Svetlana N. Petrova

Cand.Sci.(Chem.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Food Technology and Biotechnology, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 7, Sheremetievskiy Ave., Ivanovo, 153000, Russia, e-mail: psn903@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4288-7514>

Irina A. Maksimova

Undergraduate of the Department of Food Technology and Biotechnology, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 7, Sheremetievskiy Ave., Ivanovo, 153000, Russia

Состав и регламентируемые показатели качества карамели функциональной направленности

И. Ю. Резниченко*^{ORCID}, Т. В. Рензяева^{ORCID}, А. О. Рензяев^{ORCID}



Дата поступления в редакцию: 02.03.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

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

*e-mail: Irina.reznichenko@gmail.com



© И. Ю. Резниченко, Т. В. Рензяева, А. О. Рензяев, 2020

Аннотация.

Введение. Вопросы разработки продуктов питания функциональной направленности с учетом их роли в оптимизации рациона, сохранении здоровья и продлении активного долголетия являются актуальными на сегодняшний день. С точки зрения современной науки о питании карамель характеризуется низкой пищевой и высокой энергетической ценностью. К недостаткам карамели относят большое содержание легкоусвояемых сахаров при малом содержании таких физиологически функциональных ингредиентов, как витамины, минеральные вещества и др. С целью повышения пищевой ценности леденцовой карамели, совершенствования ассортимента карамели функционального назначения и придания ей профилактической направленности разработаны рецептуры карамели, обогащенной аскорбиновой кислотой, а также комплексом витаминов премикса «Валетек-3».

Объекты и методы исследования. Лабораторные и опытно-промышленные образцы разработанной леденцовой карамели. Показатели качества готовой леденцов определялись в соответствии с действующими в отрасли стандартами.

Результаты и их обсуждение. Разработаны рецептуры и технология леденцовой карамели функционального назначения, обогащенной аскорбиновой кислотой и комплексом витаминов премикса «Валетек-3». Выделена номенклатура регламентируемых показателей качества, в том числе показателей для целей идентификации функциональных свойств обогащенной карамели. Установлены сроки годности разработанной карамели на основе исследований изменений показателей ее качества в процессе хранения.

Выводы. Научно обоснован рецептурный состав карамели функционального назначения, проведены исследования показателей ее качества. Представлен перечень регламентируемых показателей качества карамели, обогащенной витамином С (аскорбиновой кислотой) и витаминным премиксом «Валетек-3», включая показатели идентификации функциональных свойств. Разработана и утверждена нормативно-техническая документация, которая необходима для производства витаминизированной леденцовой карамели функционального назначения.

Ключевые слова. Функциональный продукт, сахаристое кондитерское изделие, карамель леденцовая, аскорбиновая кислота, витамины

Финансирование. Исследования по определению витамина В₆ методом высокоэффективной жидкостной хроматографии выполнены на базе Центра коллективного пользования научным оборудованием КемГУ

Для цитирования: Резниченко, И. Ю. Состав и регламентируемые показатели качества карамели функциональной направленности / И. Ю. Резниченко, Т. В. Рензяева, А. О. Рензяев // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 204–211. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-204-211>.

Original article

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

Composition and Quality Standards of Functional Caramel

I.Yu. Reznichenko*^{ORCID}, T.V. Renzyaeva^{ORCID}, A.O. Renzyaev^{ORCID}

Received: March 02, 2020
Accepted: May 29, 2020

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

*e-mail: Irina.reznichenko@gmail.com



© I.Yu. Reznichenko, T.V. Renzyaeva, A.O. Renzyaev, 2020

Abstract.

Introduction. Functional foods help to improve the diet, maintain health, and prolong active longevity. Therefore, food science

constantly develops new formulations of functional products. Caramel can hardly be called healthy food as it possesses low nutritional and high energy value. Moreover, caramel contains easily digested sugars but no physiologically functional ingredients, e.g. vitamins, minerals, etc. In order to increase the nutritional value of caramel, we fortified the traditional formulation with ascorbic acid and Valetек-3 vitamin premix.

Study objects and methods. The research featured laboratory and pilot samples of caramel. The quality indicators of the finished product were determined according to the industry standards.

Results and discussion. The research provided advanced formulations and technology for the development of the new functional caramel fortified with ascorbic acid and a vitamin complex. A set of experiments resulted in a nomenclature of regulated quality indicators and functional properties. The changes in the quality of the caramel during storage made it possible to define the shelf-life of the product.

Conclusion. The research defined the optimal formulation for the new kind of functional caramel and determined its quality indicators. The present article introduces a list of quality standards for caramel fortified with vitamin C (ascorbic acid) and Vitaleк-3 vitamin premix, as well as the indicators of its functional properties. The research provided the new functional food with the regulatory and technical documentation necessary for its mass production.

Keywords. Functional product, sugar confectionery, candy caramel, ascorbic acid, vitamins

Funding. The high performance liquid chromatography for the determination of vitamin B₆ was performed at Kemerovo State University's Core Facilities

For citation: Reznichenko IYu, Renzyaeva TV, Renzyaev AO. Composition and Quality Standards of Functional Caramel. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):204–211. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-204-211>.

Введение

Совершенствование ассортимента продукции функционального назначения с учетом запросов потребителей и тенденций развития потребительского рынка относится к приоритетным направлениям развития пищевой промышленности. Вопросы разработки продуктов питания функциональной направленности с учетом их роли в оптимизации рациона, сохранении здоровья и продлении активного долголетия являются актуальными на сегодняшний день [1–9]. Потребители всего мира ищут привлекательные по органолептическим характеристикам продукты, которые должны быть безопасными, питательными и полезными [10, 11]. Функциональные пищевые продукты, обогащенные витаминами, минеральными веществами, антиоксидантами и др., приобретают все большую популярность. Это связано с тем, что потребление продуктов, содержащие природные биологически активные вещества, не удовлетворяет потребности организма и недостаточно для профилактики алиментарно-зависимых заболеваний [10–14].

Карамель леденцовая является лакомством во многих странах, в том числе и в России. Леденцы на палочке в виде петушка традиционно связывают с русской культурой. Особенно широко они были представлены на ярмарках. Популярность карамели обусловлена ее приятным сладким вкусом и доступной ценой. В настоящее время карамель не утратила своего значения, но приобрела и новые функции. Благодаря особенному «карамельному» вкусу леденцовую карамель используют в составе напитков, для украшения десертов и кулинарных изделий. Карамель широко используется в лечебных целях для эффективного и комфортного потребления фармацевтических препаратов.

Карамель относится к сахаристым кондитерским изделиям. Она является продуктом, удовлетворяющим потребности в сахарах и энергии. С точки зрения современной науки о питании карамель характеризуется низкой пищевой и высокой энергетической ценностью. К недостаткам карамели относят большое содержание легкоусвояемых сахаров при малом содержании таких физиологически функциональных ингредиентов, как витамины, минеральные вещества и др. [10–15].

С целью повышения пищевой ценности леденцовой карамели, совершенствования ассортимента карамели функционального назначения и придания ей профилактической направленности разработаны рецептуры карамели, обогащенной аскорбиновой кислотой, а также комплексом витаминов премикса «Валетек-3».

Аскорбиновая кислота является одним из необходимых функциональных ингредиентов в рационе человека. Она является антиоксидантом, необходима для регуляции углеводного обмена, функционирования и регенерации соединительной и костной тканей, нормализации окислительно-восстановительных и метаболических процессов в организме. В пищевой промышленности аскорбиновая кислота применяется в качестве консерванта (E300), предотвращающего окислительные процессы при хранении продуктов.

Цель исследования заключалась в разработке рецептур и технологии изготовления леденцовой карамели функционального назначения, ее товарной оценке на основе определения регламентируемых показателей качества, в том числе показателей для целей идентификации.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: обоснование выбора обогащающих добавок; разработка рецептур; подбор технологических параметров внесения обогащающих добавок; товароведная оценка карамели; определение регламентируемых показателей качества; установление сроков годности.

Объекты и методы исследования

Проведение исследований осуществлялось на базе ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Производственная апробация полученных результатов проводилась на базе ООО «Росси» (г. Новосибирск). Определение содержания витаминов в готовых изделиях и показателей безопасности проводилось в аккредитованной испытательной лаборатории ООО «Кузбасский сертификационный центр» (г. Кемерово).

Объектами исследований являлись лабораторные и опытно-промышленные образцы разработанной леденцовой карамели. Для приготовления образцов применяли следующее сырье, соответствующее требованиям нормативных документов: патока крахмальная карамельная (ГОСТ 33917-2016), сахар белый (ГОСТ 33222-2015), кислота лимонная пищевая (ГОСТ 908-2004), кислота аскорбиновая (ФС 42-2668-95), витаминный премикс «Валетек-3». Витаминный премикс «Валетек-3» рекомендован для обогащения сахаристых кондитерских изделий и произведен по ТУ 9281-019-170238-27 ЗАО «Валетек Продиспэкс» РФ. В состав премикса входят витамины А, Е, Д₃, С, В₁, В₂, В₆, В₁₂ и РР, пантотеновая и фолиевая кислоты, биотин.

Премикс «Валетек-3» вносили в состав карамели в количестве 1,5 кг на 100 кг готового изделия в соответствии с рекомендациями производителя данного премикса.

При исследовании сроков годности карамели функционального назначения ее хранили в завернутом виде, используя следующие упаковочные материалы: фольга алюминиевая для упаковывания пищевых продуктов (ГОСТ 32582-2013), бумага этикеточная (ГОСТ 7625-86).

Показатели качества готовой леденцовой карамели определялись в соответствии с действующими в отрасли стандартами. Органолептические показатели качества устанавливали по ГОСТ 5897-90; массовую долю влаги определяли рефрактометрическим методом по ГОСТ 5900-2014; кислотность – титрованием по ГОСТ 5898-87; массовую долю редуцирующих веществ устанавливали феррицианидным методом по ГОСТ 5903-89.

Содержание витамина С в карамели определялось титриметрическим методом по ГОСТ 24556-89. Метод основан на экстрагировании витамина С раствором соляной кислоты с последующим титрованием

раствором 2,6 дихлорфенолинидофенолята натрия до светло-розовой окраски. Содержание витамина В₁ определялось по ГОСТ EN 14122-2013, витамина В₂ – по ГОСТ EN 14152-2013, витамина А – по ГОСТ Р 54635-2011, витамина Е – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии по ГОСТ EN 128822-2014, витаминов РР и Д – по ГОСТ 7047, определение витамина В₆ – по ГОСТ EN 14164-2014 методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, определение фолиевой кислоты по МВИ.МН 2146-2004 «Методика определения фолиевой кислоты в обогащенных продуктах питания».

За окончательный результат принимали среднеарифметическое значение результатов трех параллельных определений, выполненных в условиях повторяемости при $P = 0,95$.

Результаты и их обсуждение

При выборе обогащающей добавки, содержащей комплекс витаминов, решающим фактором являлась доказанная эффективность применения премиксов в составе кондитерских изделий [16]. В качестве обогащающих ингредиентов для разработки карамели леденцовой выбраны аскорбиновая кислота и витаминный премикс «Валетек-3».

С учетом существующей технологии производства таблетированной карамели леденцовой в ООО «Росси» (г. Новосибирск) определялась норма потребления карамели обогащенной аскорбиновой кислотой. Она составила от 6 до 7 г или 2 леденца в сутки. Расчет проводился из предположения, что потребление данного количества карамели должно удовлетворять от 15 до 30 % суточной потребности взрослого человека в аскорбиновой кислоте. Однако, согласно литературным данным [17], в процессе производства изделий, обогащенных витамином С, его потери составляют 20–25 %. В этой связи в рецептуру карамели вносили дополнительное количество аскорбиновой кислоты с учетом потерь в ходе технологического процесса.

При разработке рецептуры карамели функционального назначения дозировка вносимых обогащающих добавок определялась с учетом их влияния на органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий. Добавки вносились на стадии проминки карамельной массы при ее охлаждении до температуры от 80 до 85 °С в виде водного раствора.

Результаты дегустационной оценки и исследований физико-химических показателей качества демонстрируют, что внесение витаминного премикса «Валетек-3» и аскорбиновой кислоты в рассчитанных дозировках не снижает качество леденцовой карамели и позволяет сократить количество лимонной кислоты для подкисления при одновременном увеличении сроков годности. По

результатам исследований разработаны рецептуры и технология производства карамели функционального назначения, утверждены нормативно-технические документы, по которым ООО «Росси» (г. Новосибирск) вырабатывает карамель леденцовую с витамином С и витаминизированную.

Технологическая схема. В качестве базовой использовалась типовая технологическая схема приготовления карамели леденцовой [18]. Карамельную массу получают путем уваривания сахарного сиропа с карамельной патокой в варочном котле, обогреваемом паром при давлении до 600 кПа, до конечной температуры кипения 138–142 °С, что соответствует влажности 3 ± 1 %. Продолжительность уваривания карамельной массы составляет около 30 мин. Массовая доля редуцирующих веществ составляет 18–20 %.

Обработка карамельной массы включает операции охлаждения, внесения вкусовых, красящих и ароматических веществ или обогащающих пищевых добавок с последующей проминкой. Уваренная карамельная масса поступает в воронку охлаждающей машины, из которой выходит непрерывной лентой определенной толщины. Процесс охлаждения массы должен осуществляться в течение 20–25 сек. Это обеспечивает переход сахарозы в аморфное состояние, свойственное карамели. Чтобы избежать значительного нарастания редуцирующих веществ, карамельная масса перед подкислением должна охладиться до температуры 90–95 °С.

Определение оптимальной технологической стадии и режима внесения обогащающих добавок является важным моментом для обеспечения их максимальной сохранности в готовой карамели. Внесение обогащающих добавок на стадии охлаждения карамельной массы при температуре 90 °С позволяет снизить потери функциональных ингредиентов. После внесения обогащающих добавок карамельная масса поступает на проминку для равномерного распределения внесенных добавок, удаления пузырьков воздуха и выравнивания температуры.

Подкисленную, ароматизированную и обогащенную карамельную массу подают на формование при температуре 70–75 °С. Формуют в виде таблеток

круглой формы с фигурной выемкой на плоских сторонах. Готовую карамель охлаждают в помещении цеха до температуры 25–35 °С и относительной влажности воздуха не выше 60 %. После чего карамель поступает на завертывание по 5 или 10 штук (таблеток) в фольгу и этикетку. Завертывание карамели производится для предохранения ее от контакта с окружающей средой и механических повреждений. Это необходимо для обеспечения сохранности в течение срока годности, а также придания привлекательного внешнего вида. Образцы карамели хранили в завернутом виде без доступа света при температуре 18 ± 3 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %.

Устанавливали органолептические показатели качества разработанной карамели, регламентируемые ГОСТ 6477-2019 «Карамель. Общие технические условия». Дополнительно разрабатывались ТУ, содержащие перечень показателей для оценки качества и идентификации, т. к. использовались обогащающие пищевые добавки для карамели функционального назначения.

При анализе органолептических показателей разработанной леденцовой карамели функционального назначения оценивали внешний вид, форму, цвет, вкус и запах карамели как после выработки, так и в процессе хранения. Для более детальной оценки органолептических показателей проводилась дегустация карамели по разработанной 30 бальной шкале [16]. Результаты бальной оценки органолептических показателей карамели функционального назначения представлены в таблице 1.

После восьми месяцев хранения исследуемых образцов карамели несколько снизилась оценка показателя «цвет». Это вызвано присутствием пищевых добавок, которые оказывают влияние на устойчивость красителя, что приводит к изменению цвета. Также произошли изменения показателя «внешний вид», вызванные образованием незначительного количества мельчайших кристалликов сахара на поверхности. В конце восьмого месяца хранения снизилась бальная оценка показателя «форма», что связано с повышением

Таблица 1. Бальная оценка органолептических показателей карамели функционального назначения в процессе хранения

Table 1. Sensory evaluation of functional caramel during storage

Наименование карамели	Продолжительность хранения, мес.	Показатель, балл				Суммарная бальная оценка, балл
		Внешний вид	Форма	Цвет	Запах и вкус	
Интервал значений баллов		3–6	1–3	3–6	10–15	17–30
С витамином С	0	5,7 ± 0,3	2,5 ± 0,6	5,0 ± 0,3	14,5 ± 0,5	27,7 ± 0,4
	6	5,5 ± 0,6	2,5 ± 0,5	4,1 ± 0,7	14,0 ± 0,6	26,1 ± 0,6
	8	5,2 ± 0,3	2,2 ± 0,5	3,5 ± 0,5	13,4 ± 0,7	24,3 ± 0,5
Витаминизированная (с премиксом «Валетек-3»)	0	5,7 ± 0,4	2,5 ± 0,6	5,0 ± 0,5	14,0 ± 0,9	27,2 ± 0,6
	6	5,5 ± 0,5	2,5 ± 0,6	4,4 ± 0,8	13,7 ± 0,5	26,1 ± 0,6
	8	4,9 ± 0,7	2,0 ± 0,8	3,5 ± 0,5	13,1 ± 0,8	23,5 ± 0,7

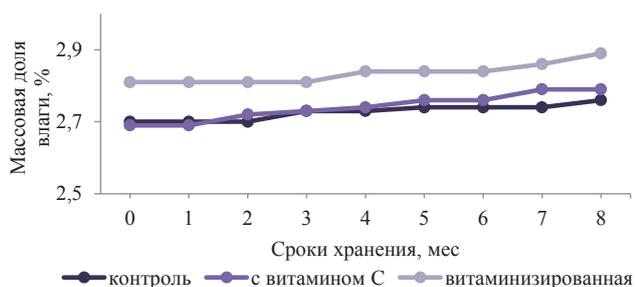


Рисунок 1. Изменение массовой доли влаги в процессе хранения карамели функционального назначения

Figure 1. Moisture content in functional caramel during storage

гигроскопичности и подтверждается увеличением массовой доли редуцирующих веществ. Однако суммарная бальная оценка карамели в конце восьмого месяца хранения соответствовала оценке «хорошо» (20–25 баллов), изменения формы были не значительны, а карамель соответствовала требованиям ГОСТ 6477-88.

Исследовались физико-химические показатели карамели функционального назначения в процессе хранения в сравнении с показателями качества контрольного образца без обогащающих добавок для товароведной оценки качества. Полученные результаты изменения показателей массовой доли влаги и редуцирующих веществ в образцах карамели представлены на рисунках 1 и 2.

Анализ данных, представленных на рисунке 1, показывает, что массовая доля влаги практически не изменялась у всех образцов карамели в процессе хранения на протяжении трех месяцев. Незначительное увеличение данного показателя наблюдалось по истечении восьми месяцев хранения карамели, но значения оставались в пределах значений, регламентированных ГОСТ 6477-88. Массовая доля редуцирующих веществ (рис. 2) в течение первых трех месяцев хранения также практически не изменялась. В

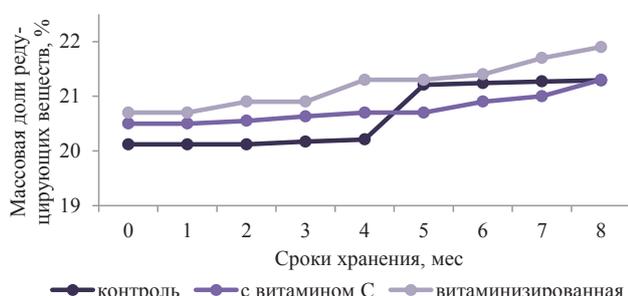


Рисунок 2. Изменение массовой доли редуцирующих веществ в процессе хранения карамели функционального назначения

Figure 2. Mass fraction of reducing agents in functional caramel during storage

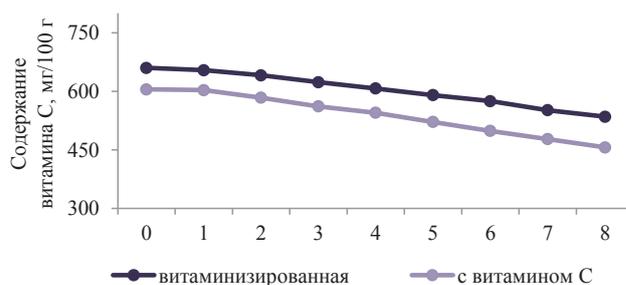


Рисунок 3. Изменение содержания витамина С в карамели функционального назначения в процессе хранения

Figure 3. Vitamin content in functional caramel during storage

последующем незначительно увеличивалась за счет гидролиза сахарозы в присутствии аскорбиновой кислоты. Этим может объяснить увеличение гигроскопичности, что способствует частичному растворению сахара, вызывающим изменения поверхности и формы карамели в процессе хранения. Однако данные изменения не выходили за пределы регламентированных значений и не вызывали существенного снижения качества карамели.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что определяющими факторами, влияющими на качество карамели функционального назначения, являются условия ее хранения, а именно относительная влажность и температура воздуха. Несоблюдение указанных условий хранения может повлечь гидролиз сахарозы и снижение качества карамели.

В качестве показателя идентификации, определяющего функциональные свойства разработанной карамели, использовали содержание аскорбиновой кислоты (витамина С). В процессе хранения отслеживалась стабильность показателя идентификации карамели функционального назначения. Полученные результаты представлены на рисунке 3.

Как следует из данных, представленных на рисунке 3, содержание витамина С в процессе хранения обогащенной им карамели снижается. Потери витамина С по истечении шести месяцев хранения составили 15 %, а через восемь месяцев хранения увеличились до 21 %. Достаточно высокая стабильность показателя содержания витамина С обусловлена небольшой влажностью, высоким содержанием сахара, плотной консистенцией, использованием непрозрачного заверточного материала, защищающего витамин С от контакта с воздухом и солнечным светом.

В карамели витаминизированной премиксом «Валетек-3» дополнительно определяли изменение содержания витаминов В₁, В₂, А и Е в процессе хранения при помощи метода высокоэффективной жидкостной хроматографии. Потери витаминов в течение восьми месяцев хранения были незначительны и составили 0,8 %. На основании

Таблица 2. Показатели качества и идентификации карамели функционального назначения

Table 2. Quality and identification indicators of functional caramel

Наименование показателя	Наименование карамели	
	с витамином С	витаминизированная (с премиксом «Валетек-3»)
Массовая доля влаги, %, не более		3,0
Массовая доля редуцирующих веществ, %, не более		22,0
Кислотность в пересчете на лимонную кислоту, градус, не менее		7,0
Идентификационные показатели (показатели функциональности):		
Содержание витамина С (аскорбиновой кислоты), мг/100 г	550–560	600–610
Е	–	45,0–50,0
В ₁	–	30,1–35,0
В ₂	–	13,0–15,0
В ₆	–	10,4–12,5
В ₁₂	–	16,0–20,0
Фолиевая кислота	–	0,68–1,0
Пантотеновая кислота	–	24,0–26,0
Ниацин	–	75,8–78,0
Биотин	–	600–630
А	–	4,2–4,7
Д ₃	–	4,3–5,0

оценки изменений показателей качества и состава карамели функциональной направленности, обогащенной аскорбиновой кислотой и витаминным премиксом «Валетек-3», установлен рекомендованный срок годности. Он составляет шесть месяцев.

По результатам исследований разработан перечень регламентируемых показателей качества для витаминизированной карамели функционального назначения, включая показатели идентификации, в качестве которых предложены значения содержания аскорбиновой кислоты и витаминов В₁, В₂, В₆, В₁₂, Е и А. Регламентируемые физико-химические показатели качества и идентификации разработанной карамели функционального назначения представлены в таблице 2.

Выводы

Научно обоснован рецептурный состав карамели функционального назначения, проведены исследования показателей ее качества. Представлен перечень регламентируемых показателей качества карамели, обогащенной витамином С (аскорбиновой

кислотой) и витаминным премиксом «Валетек-3», включая показатели идентификации функциональных свойств. Разработана и утверждена нормативно-техническая документация, которая необходима для производства витаминизированной леденцовой карамели функционального назначения.

Критерии авторства

И. Ю. Резниченко – 35 %, Т. В. Рензьева – 35 %, А. О. Рензьев – 30 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Contribution

I.Yu. Reznichenko – 35%, T.V. Renzyaeva – 35%, A.O. Renzyaev – 30%.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Сандракова, И. В. Исследование потребителей продуктов здорового питания / И. В. Сандракова, И. Ю. Резниченко // Практический маркетинг. – 2019. – Т. 274, № 12. – С. 22–27.
2. Методология проектирования кондитерских изделий функционального назначения / И. Ю. Резниченко, Ю. А. Алешина, А. И. Галиева [и др.] // Пищевая промышленность. – 2012. – № 9. – С. 28–30.
3. Разработка новых кондитерских изделий с использованием нетрадиционного сырья / Е. Ю. Егорова, И. Ю. Резниченко, М. С. Бочкарев [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Т. 34, № 3. – С. 31–38.

4. Разработка рецептуры и технология производства сахаристых кондитерских изделий как факторов, формирующих их качество / Г. А. Дорн, А. И. Галиева, И. Ю. Резниченко [и др.] // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. – 2014. – Т. 24, № 1. – С. 62–68.
5. Фролова, Н. А. Разработка технологии и товароведная оценка карамели, обогащенной экстрактами из биологически активного растительного и животного сырья / Н. А. Фролова, И. Ю. Резниченко, Н. Ф. Иванкина // *Техника и технология пищевых производств*. – 2012. – Т. 27, № 4. – С. 164А–170.
6. Гурьянов, Ю. Г. Специализированные продукты питания с использованием пантогематогена / Ю. Г. Гурьянов, И. Ю. Резниченко, В. М. Позняковский // *Пищевая промышленность*. – 2008. – № 11. – С. 64–65.
7. Резниченко, И. Ю. Разработка рецептур, технологии производства, оценка качества функциональных сахаристых изделий / И. Ю. Резниченко, Ю. Г. Гурьянов, Е. Ю. Лобач // *Новые технологии*. – 2010. – № 4. – С. 51–53.
8. Резниченко, И. Ю. Разработка рецептур, технологии производства, оценка качества функциональных кондитерских изделий / И. Ю. Резниченко, Ю. Г. Гурьянов, Е. Ю. Лобач // *Новые технологии*. – 2011. – № 1. – С. 27–30.
9. Гурьянов, Ю. Г. Оценка потребительских предпочтений к новым продуктам функционального назначения / Ю. Г. Гурьянов, Е. Ю. Лобач, И. Ю. Резниченко // *Ползуновский вестник*. – 2012. – № 2–2. – С. 187–190.
10. Industrial manufacture of sugar-free chocolates – Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development / R. P. Aidoo, F. Depuyere, E. O. Afoakwa [et al.] // *Trends in Food Science and Technology*. – 2013. – Vol. 32, № 2. – P. 84–96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.008>.
11. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices / N. Martins, C. L. Roriz, P. Morales [et al.] // *Trends in Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 52. – P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009>.
12. Использование сиропов в рецептуре сахаристых кондитерских изделий повышенной пищевой ценности / И. Ю. Резниченко, Н. А. Фролова, В. В. Кучебо [и др.] // *Техника и технология пищевых производств*. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 62–69. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-62-69>.
13. Пат. 2685916С1 Российская Федерация, МПК А23G3/48. 14. Состав тонирующей начинки для приготовления карамели / Фролова Н. А., Резниченко И. Ю.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». – № 2018124122; заявл. 02.07.2018; опубл. 23.04.2019; Бюл. № 12. – 8 с.
14. Aguiar, J. Microencapsulation of natural antioxidants for food application – The specific case of coffee antioxidants – A review / J. Aguiar, B. N. Estevinho, L. Santos // *Trends in Food Science and Technology*. – 2016. – Vol. 58. – P. 21–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.012>.
15. Резниченко, И. Ю. Теоретические и практические аспекты разработки, оценки качества кондитерских изделий и пищевых концентратов функционального назначения: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 / Резниченко Ирина Юрьевна. – Кемерово, 2008. – 496 с.
16. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные принципы и практические решения / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк // *Пищевая промышленность*. – 2010. – № 4. – С. 20–24.
17. Мурашев, С. В. Изменение содержания аскорбиновой кислоты при хранении и переработке / С. В. Мурашев // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. – 2015. – № 41. – С. 64–68.
18. Рензязева, Т. В. Технология кондитерских изделий / Т. В. Рензязева, Г. И. Назимова, А. С. Марков. – СПб. : Лань, 2019. – 156 с.

References

1. Sandrakova IV, Reznichenko IYu. Health food consumers research. *Practical Marketing*. 2019;274(12):22–27. (In Russ.).
2. Reznichenko IYu, Aleshina JuA, Galieva AI, Egorova EJu. Methodology of projection of confectionery products of functional purpose. *Food Industry*. 2012;(9):28–30. (In Russ.).
3. Egorova EYu, Reznichenko IYu, Bochkarev MS, Dorn GA. Development of new confectionery using non-traditional raw materials. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2014;34(3):31–38. (In Russ.).
4. Dorn GA, Galieva AI, Reznichenko IYu, Guryanov JuG. Development formulation and production technology sugar confectionery as factors form them quality. *Technology and merchandising of the innovative foodstuff*. 2014;24(1):62–68. (In Russ.).
5. Frolova NA, Reznichenko IYu, Ivankina NF. Technology and evaluation of hard-boiled sweets enriched with biologically active plant and animal raw materials extracts. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2012;27(4):164А–170. (In Russ.).
6. Guryanov YuG, Reznichenko IYu, Poznyakovsky VM. Specialized foodstuff with use of pantoheumatogen. *Food Industry*. 2008;(11):64–65. (In Russ.).
7. Reznichenko IYu, Gur'yanov YuG, Lobach EYu. Development of formulations, production technology, and quality assessment of functional sugary products. *New Technologies*. 2010;(4):51–53. (In Russ.).
8. Reznichenko IYu, Guryanov YuG, Lobach EYu. Development of formulations, production technology and quality assessment of functional confectionery. *New Technologies*. 2011;(1):27–30. (In Russ.).
9. Gur'yanov YuG, Lobach EYu, Reznichenko IYu. Otsenka potrebitel'skikh predpochteniy k novym produktam funktsional'nogo naznacheniya [Assessment of consumer preferences for new functional products]. *Polzunovsky Vestnik*. 2012;(2–2):187–190. (In Russ.).

10. Aidoo RP, Depypere F, Afoakwa EO, Dewettinck K. Industrial manufacture of sugar-free chocolates – Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science and Technology*. 2013;32(2):84–96. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.008>.
11. Martins N, Roriz CL, Morales P, Barros L, Ferreira ICFR. Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science and Technology*. 2016;52:1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009>.
12. Reznichenko IYu, Frolova NA, Kuchebo VV, Turov SV. Syrups in sugar confectionery products of high nutritional value. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(1):62–69. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-62-69>.
13. Frolova NA, Reznichenko IYu. Composition of tonic fillings for making caramel. Russia patent RU 2685916C1. 2019.
14. Aguiar J, Estevinho BN, Santos L. Microencapsulation of natural antioxidants for food application – The specific case of coffee antioxidants – A review. *Trends in Food Science and Technology*. 2016;58:21–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.10.012>.
15. Reznichenko IYu. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty razrabotki, otsenki kachestva konditerskikh izdeliy i pishchevykh kontsentratov funktsional'nogo naznacheniya [Theoretical and practical aspects of the development and quality assessment of confectionery products and functional food concentrates]. Dr. eng. sci. diss. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2008. 49 p.
16. Spirichev VB, Shatnjuk LN. Enrichment of articles of food by micronutrients: scientific principles and practical decisions. *Food Industry*. 2010;(4):20–24. (In Russ.).
17. Murashev SV. Changing the content of ascorbic acid during storage and processing. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2015;(41):64–6. (In Russ.).
18. Renzyaeva TV, Nazimova GI, Markov AS. Tekhnologiya konditerskikh izdeliy [Confectionery technology]. St. Petersburg: Lan; 2019. 156 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

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
 <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

Рензяева Тамара Владимировна

д-р техн. наук, профессор кафедры технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: ren-tamara@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5451-1154>

Рензяев Антон Олегович

канд. техн. наук, старший преподаватель 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: kafedra.mats@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7032-7840>

Information about the authors

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
 <https://orcid.org/0000-0002-7486-4704>

Tamara V. Renzyaeva

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Technology of Vegetable Food Products, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: ren-tamara@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-5451-1154>

Anton O. Renzyaev

Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer 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: kafedra.mats@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-7032-7840>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-212-221>
УДК 641.56

Оригинальная статья
<http://fptt.ru/>

Совершенствование технологии мучных кулинарных изделий с использованием концентрата хлореллы

З. А. Бочкарева^{1,*}, Е. С. Волшенкова^{1,2}



¹ ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»,
440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1А/11

Дата поступления в редакцию: 10.02.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

² ООО «Дело»,
442731, Россия, Лунино, ул. Саратовская, 30

*e-mail: bochkarevaz@mail.ru



© З. А. Бочкарева, Е. С. Волшенкова, 2020

Аннотация.

Введение. В технологии приготовления мучных кондитерских изделий применяются различные ингредиенты, направленные на увеличение срока хранения, улучшение органолептических показателей, уменьшение затрат на сырье, но не способствующие повышению пищевой и биологической ценности. Решением задачи по повышению пищевой и биологической ценности блинчиков (оболочка) может стать использование концентрата хлореллы со сбалансированным аминокислотным составом, витаминами, макро- и микроэлементами. Концентрат микроводоросли «Живая хлорелла» (ТУ 11.07.19-003-14815361-16) – это инновационная российская разработка, не имеющая мировых аналогов, с доказанным положительным влиянием на человека.

Объекты и методы исследования. Лабораторные и производственные образцы выпеченных блинчиков (оболочка) с заменой части молока на концентрат хлореллы в количестве 3, 6 и 10 %. Количественное соотношение компонентов определялось опытным путем. Технологический процесс приготовления блинчиков предусматривал традиционный способ приготовления теста и изделий с предварительным смешиванием молока и концентрата хлореллы. При этом белки молока не подвергаются агрегированию.

Результаты и их обсуждение. Изготовленное тесто мало отличалось от контрольного образца. По органолептическим показателям явных изменений, ухудшающих внешний вид изделий, не выявлено. С увеличением доли концентрата изменялся цвет от бледно-зеленого до ярко-зеленого. Аромат водорослей проявлялся в изделиях с содержанием 10 % концентрата. При замене части молока концентратом хлореллы в количестве 3, 6 и 10 % в аминокислотном составе происходит увеличение количества лизина на 4,36 %, 8,54 % и 14,72 % соответственно; триптофана – на 5,46 %, 10,75 % и 18,37 % соответственно; метионина + цистин – на 4,04 %, 7,94 % и 13,61 % соответственно. Внесение концентрата хлореллы способствует увеличению содержания некоторых минеральных веществ и витаминов. Значительно увеличивается содержание железа, витаминов: β -каротина, витамина С.

Выводы. Совершенствование технологии мучных кулинарных изделий путем использования концентрата хлореллы способствует не только расширению ассортимента этой группы блюд, но и повышению биологической и пищевой ценности.

Ключевые слова. Продукты питания, блинчики, *Chlorophyta*, пищевая ценность, биологическая ценность

Для цитирования: Бочкарева, З. А. Совершенствование технологии мучных кулинарных изделий с использованием концентрата хлореллы / З. А. Бочкарева, Е. С. Волшенкова // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 212–221. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-212-221>.

Original article

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

Advanced Production Technology of Flour-Based Foods with Chlorella Concentrate

Z.A. Bochkareva^{1,*}, E.S. Volshenkova^{1,2}

¹ Penza State Technological University,
1A/11, dr. Baidukova /Gagarina Str., Penza, 440039, Russia



Abstract.

Introduction. Semi-finished products require various additives that increase shelf life, improve sensory properties, or decrease raw material costs. Unfortunately, most additives improve neither nutrition nor biological value of the finished product. The present research featured precooked thin pancakes fortified with a chlorella concentrate. This microalgal supplement with scientific-based healthy properties is a unique project of Russian developers. The chlorella concentrate possesses a balanced amino acid composition, vitamins, major nutrient elements, and dietary minerals. Therefore, it can improve the nutrient and biological value of the pancakes.

Study objects and methods. The research featured laboratory and industrial samples of precooked pancakes. 3%, 6%, and 10% of the milk were replaced with chlorella concentrate. The quantitative ratio of the components was determined empirically to obtain pancakes of the optimal quality. The batter-making and baking technologies were traditional. The mixing of milk and chlorella concentrate caused no protein aggregation.

Results and discussion. The obtained batter was similar with the control sample in viscosity. The sensory properties did not deteriorate. As the proportion of the concentrate increased, the color of the batter changed from pale green to bright green. The sample with 10% of chlorella concentrate had a distinct algae smell. After the milk was replaced with the chlorella concentrate in the amount of 3%, 6%, and 10%, the amino acid composition demonstrated the following changes. The amount of lysine increased by 4.36%, 8.54%, and 14.72%, respectively. The amount of tryptophan increased by 5.46%, 10.75%, and 18.37, respectively. The amount of methionine + cystine increased by 4.04%, 7.94%, and 13.61%, respectively. The introduction of chlorella concentrate raised the content of certain minerals and vitamins, e.g. iron, vitamins of β -carotene, and vitamin C.

Conclusions. Chlorella concentrate improved the production technology of flour-based foods. Therefore, it helps to expand the range of this group of precooked products while improving their biological and nutrition value.

Keywords. Foods, pancakes, microalgae, *Chlorophyta*, biological, nutrition value, biological value

For citation: Bochkareva ZA, Volshenkova ES. Advanced Production Technology of Flour-Based Foods with Chlorella Concentrate. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):212–221. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-212-221>.

Введение

К продукции массового производства, выбираемой потребителями, относится большая группа мучных кулинарных изделий. Их производство перспективно из-за относительной дешевизны и традиционности потребления населением страны. Блины и блинчики в нашей стране являются таким же традиционным блюдом, как пицца для итальянцев или суши для японцев. Эти мучные кулинарные изделия традиционно готовят дома. Однако растущий запрос на быстрое обслуживание в условиях растущего темпа жизни и снижение доходов населения заставляют увеличивать производство мучных кулинарных полуфабрикатов.

Мучные изделия традиционного состава не в полной мере удовлетворяют концепции функционального питания, т. к. в их химическом составе преобладают легкоусвояемые углеводы, повышающие энергетическую ценность готовых изделий [1–5]. В традиционных блинчиках низкая биологическая ценность и усвояемость белков, т. к. белки пшеничной муки дефицитны по содержанию лизина и треонина. Также существует неблагоприятное соотношение важнейших зольных веществ [6]. Поэтому современными исследователями проводятся разработки новых технологий изготовления мучных кулинарных изделий повышенной пищевой ценности. Использование

овошей, фруктов, овощных и фруктовых пюре, порошков, различных видов муки зерновых для обогащения рецептуры блинчиков рассмотрено в ряде работ современных исследователей [1, 6–8].

Повышение пищевой и биологической ценности данной группы изделий – задача актуальная.

Решением данной задачи может стать использование концентрата микроводоросли «Живая хлорелла», богатого белком, витаминами, макро- и микроэлементами. Данная добавка будет способствовать повышению функциональности мучных кулинарных изделий. Концентрат «Живая хлорелла» практически не имеет противопоказаний. Ограничения в употреблении связаны лишь с индивидуальной непереносимостью, детским возрастом (до 5 лет) и беременностью [9]. Среди приверженцев здорового образа жизни и правильного питания одноклеточная зеленая водоросль приобретает всю большую популярность. Это связано с появлением большого количества производителей, вырабатывающих хлореллу для употребления внутри в виде таблеток, порошков и суспензии.

Научная новизна работы заключается в том, что технология разработки мучных кулинарных изделий с применением концентрата хлореллы в России не исследована. Концентрат микроводоросли «Живая хлорелла» – это инновационная отечественная разработка, не имеющая мировых аналогов, с

доказанным положительным влиянием на человека [9]. Хлорелла представляет собой одноклеточную зеленую водоросль, которая относится к отделу зеленых водорослей (*Chlorophyta*). Для получения концентрата применяют штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111, представляющий собой одиночные клетки зеленой микроводоросли, имеющие не замкнутый хлоропласт, заполняющий клетку на 90 % [10].

На территории Российской Федерации хлорелла употребляется в качестве самостоятельной биологически активной добавки, а не ингредиента для приготовления кулинарной продукции и блюд. Одна из причин возникновения данного явления в нашей стране – недостаточный уровень знаний о хлорелле и её свойствах, в отличие от Японии, где хлореллу часто применяют в промышленных масштабах пищевых направлений [11]. Российский потребитель знаком с хлореллой только как с полноценным продуктом, который употребляется непосредственно внутрь без проведения дополнительных операций. Использование хлореллы при приготовлении кулинарных изделий позволит обогатить продукты витаминами, минеральными веществами, а также повысить их биологическую ценность.

Полезность использования хлореллы доказана многими работами. Так, В. В. Петряков заявляет, что морские водоросли являются уникальными за счет своего состава: ни одно из наземных растений не способно конкурировать с ними по наличию полезных веществ [12].

Л. М. Зухрабова и А. М. Галиева среди положительных качеств зеленой водоросли выделяют такие, как большое количество белка, витаминов, а также микро- и макроэлементов [13].

Описывая химический состав хлореллы, И. А. Ильючик и В. Н. Никандров, при этом ссылаясь на работу М. Kent с соавторами, говорят о том, что белок хлореллы содержит все незаменимые аминокислоты [14, 15]. Это подтверждается выводами исследователей, которые акцентируют внимание на том, что клетки хлореллы превосходят все сельскохозяйственные культуры в биосинтезе витаминов. Клетки хлореллы могут осуществить биосинтез тринадцати витаминов [14].

Н. Шальго считает, что при употреблении таблетированного порошка хлореллы или хлореллы в виде суспензии в организме происходит ряд благоприятных изменений, среди которых очищение крови и улучшение пищеварения [16]. Применять зеленую водоросль, по мнению автора, следует при физиологических проблемах, среди которых гипертонзия, потеря памяти и различные виды аллергии.

Влияние приема хлореллы на уменьшение накопления кадмия, качество жизни больных раком молочной железы, эффективность в

иммуномодуляции рассмотрено в работах зарубежных ученых [17–19].

Показаниями к применению хлореллы являются: ежедневное увеличение ресурсов организма; укрепление общего иммунитета; выведение токсинов и тяжелых металлов; компенсация последствий стресса; улучшение памяти; продление молодости организма [20].

Практическая значимость работы заключается в получении блинчиков (оболочек) с богатым витаминным, макро- и микроэлементным составом, а также повышенной биологической ценностью. Реализация изготовления в производственных условиях будет способствовать расширению ассортимента предприятия массового питания и повышению его конкурентоспособности.

Работу выполняли в рамках научно-исследовательской работы на кафедре пищевых производств ПензГТУ и ООО «Дело», производящем продукты для человека на основе живой клетки хлореллы.

Цель работы – совершенствование технологии блинчиков с использованием концентрата хлореллы.

Объекты и методы исследования

При проведении экспериментальной работы объектами исследования являлись:

- концентрат микроводоросли «Живая хлорелла» по ТУ 11.07.19-003-14815361-16;
- мука пшеничная хлебопекарная по ГОСТ 26574-2017;
- дополнительное сырье для приготовления изделий, отвечающее требованиям соответствующих стандартов: сахар-песок (ГОСТ 33322-15), масло подсолнечное (ГОСТ 1129-2013), молоко коровье пастеризованное (ГОСТ 31450-2013), яйца куриные пищевые (ГОСТ 31654-2012), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2018);
- контрольный образец по сборнику рецептур блюд и кулинарных изделий, рецептура № 679;
- лабораторные и производственные образцы выпеченных блинчиков (полуфабрикат) с заменой части молока на концентрат хлореллы в количестве 3, 6 и 10 %.

Для бездрожжевого теста для блинчиков рекомендуется использовать муку со средним содержанием клейковины, т. к. при использовании муки с сильной клейковиной качество изделий снижается. Влажность теста должна быть в пределах 66 %, что способствует покрытию частичек муки толстыми гидратными оболочками и свободному, без слипания, их перемещению в жидкой фазе при механической и тепловой обработке [21].

При проведении экспериментальных исследований готовых изделий использовали стандартные методы, принятые в пищевой промышленности. Количественное соотношение компонентов

Таблица 1. Содержание незаменимых аминокислот, водо- и жирорастворимых витаминов, минеральных веществ в хлорелле

Table 1. Content of essential amino acids, water- and fat-soluble vitamins, and minerals in chlorella

Содержание незаменимых аминокислот, г/100 г сухого вещества									
Лизин	Треонин	Валин	Лейцин	Изолейцин	Метионин	Фенилаланин	Триптофан	Тирозин	Цистин
5,31	1,88	3,4	4,48	2,16	0,96	1,64	1,26	0,53	0,49
Содержание водо-и жирорастворимых витаминов, мг/100 г сухого вещества									
Е (токоферол)	В ₅ (Пантотеновая кислота)	В ₂ (Рибофлавин)	В ₉ (Фолиевая кислота)	С (Аскорбиновая кислота)	РР (Никотинамид)	В ₆ (Пири- доксин)	β-каротин		
5,1351	2,5000	1,1145	0,5422	0,3675	0,2199	0,0542	91,7		
Содержание минеральных веществ, мг/100 г сухого вещества									
Магний	Натрий	Кальций	Железо	Калий		Фосфор	Марганец		
264,00	186,00	175,00	167,00	129,00		58,00	15,50		

определено опытным путем как оптимальное для получения блинчиков требуемого качества.

Технологический процесс приготовления блинчиков предусматривал подготовку сырья стандартными способами, санитарную обработку яиц, предварительное смешивание молока и концентрата хлореллы, замес теста в два приема и взбивание с целью получения однородной структуры теста.

Исследования проведены на базе кафедры пищевых производств ФГБОУ ВО ПензГТУ, центра химических исследований (г. Москва), лаборатории ФБУЗ центра гигиены и эпидемиологии в Пензенской области.

Результаты и их обсуждение

Предприятие ООО «Дело», выпускающее концентрат «Живая хлорелла», имеет на продукцию следующие документы: свидетельство о Государственной регистрации RU.77.99.88003. E.010343.11.15 от 24.11.2015, ТУ 9190-002-14815361-15 «Концентрат микроводоросли «Живая хлорелла», заключение специалиста центра химических исследований по результатам центра химических и микробиологических исследований (№ 04-03/16 от 04.04.16). В соответствии с документами хлорелла имеет следующий состав, представленный в таблице 1.

Также концентрат хлореллы содержит важные для человеческого организма полиненасыщенные

Таблица 2. Микробиологические показатели концентрата хлореллы

Table 2. Microbiological indicators of chlorella concentrate

Определяемые микробиологические показатели	Результаты исследований	Нормативный документ
<i>E. coli</i>	Не обнаружено в 1,0 г	ГОСТ 30726-2001
БГКП (колиформы)	Не обнаружено в 0,1 г	ГОСТ 31747-2012
Дрожжи и плесени	Менее 1,0×10 ¹	ГОСТ 10444.12-2013
КМАФАнМ	Менее 1,0×10 ¹	МУК 4.22578-10
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы	Не обнаружено в 10 г	ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002)

Таблица 3. Органолептические показатели блинчиков

Table 3. Sensory properties of pancakes

Наименование показателя	Контрольный образец	Образцы блинчиков с частичной заменой молока на концентрат хлореллы в количестве, %		
		3	6	10
Поверхность	Гладкая, не имеющая трещин, сквозных отверстий, а также подрывов, с мелкой равномерной пористостью, посторонние включения отсутствуют			
Консистенция	Мягкая, не подсыхающая, эластичная, однородная, не липкая, свойственная поджаренному бездрожжевому тесту			
Цвет	Варьируется от белого до светло-желтого	Варьируется от бледно-зеленого до светло-зеленого	Варьируется от светло-зеленого до ярко-зеленого	Зеленый
Запах	Свежевыпеченных блинчиков, не имеет посторонних запахов	Свежевыпеченных блинчиков, не имеет посторонних запахов		Свежевыпеченных блинчиков, запах водорослей
Вкус	Свежевыпеченных блинчиков, не имеет посторонних привкусов			Слегка вяжущий, с легким ароматом водорослей



Рисунок 1. Образец продукта и готовые блинчики с добавлением концентрата хлореллы

Figure 1. Control sample vs. pancakes with chlorella concentrate

жирные кислоты (мг на 100 г сухого вещества): линоленовую – 3042,00, линолевою (омега-6) – 659,30 и гексадекатриеновую (омега-3) – 166,00.

Из антиоксидантов в концентрате хлореллы обнаружен биофлавоноид рутин, играющий особую роль в микроциркуляции крови и плазмы.

Известно, что клетка хлореллы имеет плотную целлюлозную оболочку, а разработанный концентрат – хлореллу с разрушенной клеточной оболочкой, не мешающей усвоению продукта. По органолептическим показателям концентрат хлореллы представляет собой слегка вязкую жидкость зеленого цвета, с нерезким запахом, свойственным водорослям.

Микробиологические показатели, исследуемые в концентрате хлореллы, а также нормативные документы, регламентирующие исследование показателей, представлены в таблице 2.

Использование в продуктах различные виды сырья может изменять показатели продукции. На первом этапе определяли влияние добавки в виде концентрата хлореллы на органолептические и реологические показатели. Тесто для блинчиков – это достаточно жидкое тесто с соотношением муки и жидкости 1:2,5, представляющее собой суспензию частичек муки, покрытых гидратными оболочками в водной жидкой фазе.

Тесто должно иметь жидкую консистенцию, равномерно и быстро растекаться на жарочной

поверхности, что дает возможность получить тонкие полуфабрикаты.

Введение концентрата хлореллы взамен части молока не повлияло на изменение консистенции теста, т. к. концентрат хлореллы является малоцентрированным зольем, так же как и молоко. Предварительное смешивание молока и концентрата хлореллы обеспечивает более равномерное распределение концентрата в объеме рецептурных компонентов. При этом белки молока не подвергаются агрегированию.

Набухшие белки теста позволяют разрыхлить тесто путем механического взбивания с образованием пены. Вязкость теста достаточно высока, чтобы в нем удерживать пузырьки воздуха, которые, расширяясь при выпечке, придают изделиям пористость. Пористость блинчиков мало изменилась по сравнению с контрольным образцом. Органолептические показатели блинчиков представлены в таблице 3.

На рисунке 1 показаны контрольный образец и готовые блинчики с добавлением концентрата хлореллы 3, 6 и 10 %.

Как видно из таблицы 3 и рисунка 1, после добавления в тесто для блинчиков концентрата хлореллы, явных изменений, ухудшающих внешний вид, не выявлено. Однако при увеличении дозировки концентрата хлореллы наблюдается изменение цвета готовых изделий от слабо-окрашенного (3 % добавки) до интенсивно окрашенного (10 %). Это связано с тем, что хлорелла содержит большое количество пигмента хлорофилл, который не утрачивает окраску при жарке, так как нагревание не продолжается.

Что касается влияния на вкус и запах готовых изделий, то здесь также прослеживается усиление вкуса и аромата водорослей с увеличением количества хлореллы. При внесении 10 % добавки ощущается слегка вязкий вкус готовых изделий.

Показатели содержания белков, жиров и углеводов, в зависимости от количества вносимого концентрата, представлены в таблице 4.

Увеличение количества белка произошло за счет того, что хлорелла содержит больше белка, чем молоко. Внесение концентрата хлореллы в количестве 3 % способствует повышению содержания белка на

Таблица 4. Пищевая и энергетическая ценность блинчиков

Table 4. Nutrition and energy value of pancakes

Наименование образца	Содержание основных пищевых веществ в 100 г продукта, г			Энергетическая ценность, ккал
	Белки	Жиры	Углеводы	
Контрольный образец	8,0	3,7	32,9	197,2
Образец блинчиков с частичной заменой молока на концентрат хлореллы в количестве 3 %	8,3	3,6	32,9	197,6
Образец блинчиков с частичной заменой молока на концентрат хлореллы в количестве 6 %	8,6	3,59	32,8	197,9
Образец блинчиков с частичной заменой молока на концентрат хлореллы в количестве 10 %	8,9	3,4	32,7	197,7

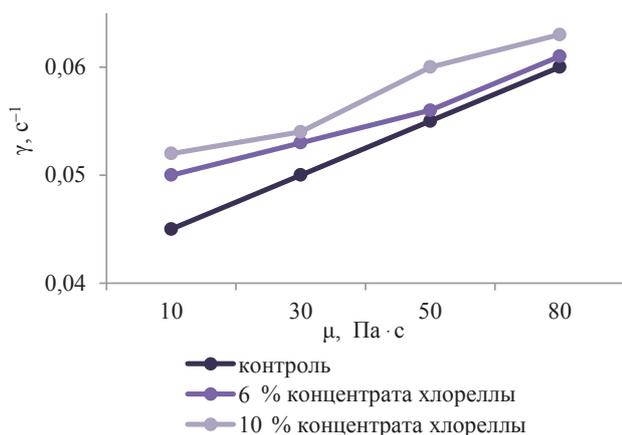


Рисунок 2. Исследование влияния количества концентрата хлореллы на динамическую вязкость теста

Figure 2. Effect of the amount of chlorella concentrate on the dynamic viscosity of dough

3,3 %. При внесении 6 % добавки содержание белка повышается на 6,3 %. Внесение 10 % способствует повышению содержания белка на 10,7 % по сравнению с контролем. При этом количество жиров немного снизилось. Энергетическая ценность образцов по отношению к контрольному образцу изменилась не значительно.

На рисунке 2 представлены данные по изменению вязкости теста для блинчиков в зависимости от количества заменяемого молока концентратом хлореллы. Тесто исследовали в вискозиметре марки «Реотест».

Из рисунка 2 видно, что при замене части молока концентратом хлореллы в количестве 6 и 10 % показатель вязкости теста возрастает, но незначительно. При замене в количестве 3 % изменений не наблюдается. Концентрат хлореллы более вязкий продукт, чем молоко, но количество заменяемого им молока небольшое и сильно не влияет на консистенцию теста для блинчиков.

Исходя из данных таблицы 1, в хлорелле содержится белок, включающий все незаменимые аминокислоты. Аминокислотный состав растительных продуктов менее ценен, чем животных, поэтому было необходимо установить, как повлияет замена молока на концентрат хлореллы на биологическую ценность блинчиков путем соответствующих расчетов аминокислотного сгора. Содержание незаменимых аминокислот в блинчиках показано в таблице 5.

Из данных таблицы 5 следует, что замена части молока на часть концентрата хлореллы в количестве 3, 6 и 10 % приводит к увеличению количества лизина на 4,36 %, 8,54 % и 14,72 % соответственно; триптофана на 5,46 %, 10,75 % и 18,37 % соответственно; метионин + цистин является лимитирующей аминокислотой и его содержание увеличивается на 4,04 %, 7,94 % и 13,61 % соответственно.

В хлорелле содержится богатый состав различных макро- и микроэлементов, витаминов, необходимых для нормального развития и функционирования организма. Содержание минеральных веществ в блинчиках с концентратом хлореллы представлено в таблице 6.

Проанализировав данные таблицы 6, можно сделать вывод, что внесение концентрата хлореллы способствует увеличению содержания железа, что благотворно влияет на организм человека. По сравнению с контрольным образцом содержание железа увеличивается на 94 % при внесении 3 % добавки, на 188 % при внесении 6 % добавки и на 314 % при внесении 10 % добавки.

Одним из источников поступления витаминов является введение в рацион пищевой продукции с повышенным содержанием этих микронутриентов [22–24]. Содержание витаминов в блинчиках с концентратом хлореллы представлено в таблице 7.

Таблица 5. Содержание аминокислот в блинчиках

Table 5. Content of amino acids in pancakes

Наименование аминокислоты	Контрольный образец		Образцы блинчиков с частичной заменой молока на концентрат хлореллы в количестве, %					
			3		6		10	
	кол-во аминокислот, мг	скор, %	кол-во аминокислот, мг	скор, %	кол-во аминокислот, мг	скор, %	кол-во аминокислот, мг	скор, %
Лизин	518,0	109	540,6	111	562,2	112	594,3	114
Треонин	311,5	91	319,1	90	326,3	89	337,1	89
Лейцин	744,7	124	762,9	123	780,4	122	806,4	121
Изолейцин	457,1	133	463,7	131	469,9	129	479,6	126
Триптофан	118,8	138	125,3	141	131,5	144	140,6	148
Валин	500,7	116	514,3	116	527,3	116	546,8	115
Фенилаланин + тирозин	436,6	85	445,4	84	453,8	83	466,3	82
Метионин + цистин	172,3	57	179,3	58	186,1	58	195,8	59

Таблица 6. Содержание минеральных веществ в блинчиках

Table 6. Content of mineral substances in pancakes

Наименование образца	Содержание минеральных веществ в 100 г продукта, мг					
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe
Контрольный	62,08	215,37	137,95	25,70	145,78	0,83
3 % добавки	60,60	209,12	133,08	26,28	141,77	1,61
6 % добавки	59,13	202,86	128,23	26,86	137,78	2,39
10 % добавки	57,15	194,48	121,70	27,64	132,04	3,44

Таблица 7. Содержание витаминов в блинчиках

Table 7. Content of vitamins in pancakes

Наименование образца	Содержание витаминов в 100 г продукта, мг						
	β -каротин, мг	E, мг	C, мг	B_6 , мг	PP, мг	B_3 , мг	B_2 , мг
Контрольный	0,015	1,24	0,62	0,08	0,62	0,23	0,2
3 % добавки	0,73	1,28	1,52	0,09	0,62	0,25	0,2
6 % добавки	1,43	1,32	2,41	0,09	0,61	0,27	0,2
10 % добавки	2,38	1,36	3,60	0,10	0,62	0,29	0,22

Из данных таблицы 7 следует, что внесение 3, 6 и 10 % концентрата хлореллы способствует повышению количества β -каротина в 48, 95 и 159 раз соответственно. Витамина C в 2,5 раза, 3,9 раза, 5,8 раз соответственно. Возрастает количество витамина E, количество витаминов группы B изменяется мало.

Выводы

Таким образом, зная влияние замены части молока на концентрат хлореллы, можно принять технологическое решение о возможности такой замены с целью повышения пищевой и биологической ценности блинчиков. Рекомендуется вносить концентрат хлореллы в количестве 6 %, т. к. при замене 10 % молока немного ухудшаются органолептические показатели изделий, а при замене 3 % молока концентратом хлореллы эффект повышения пищевой ценности незначителен.

Критерии авторства

З. А. Бочкарева руководила проектом. Е. С. Волшенкова проводила экспериментальные исследования. В написании статьи авторы принимали участие в равных долях.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

Z.A. Bochkareva supervised the project. E.S. Volshenkova conducted the experimental research. Both authors participated in writing the article.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Анистратова, О. В. Обоснование применения различных видов муки в рецептуре тестовой оболочки для блинчиков / О. В. Анистратова, Л. Т. Серпунина, А. С. Кобзарева // Известия КГТУ. – 2019. – № 53. – С. 89–100.
2. Пряничные изделия повышенной пищевой ценности с нетрадиционными видами сырья / Е. И. Пономарева, В. И. Попов, И. Э. Есауленко [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 5. – С. 75–81. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00079>.
3. Modifications in the consumption of energy, sugar, and saturated fat among the Mexican adult population: simulation of the effect when replacing processed foods that comply with a front of package labeling system / R. Mendoza, L. Tolentino-Mayo, L. Hernandez-Barrera [et al.] // Nutrients. – 2018. – Vol. 10, № 1. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10010101>.
4. Антимутагенные и антиоксидантные свойства кондитерского изделия, содержащего порошок из листьев *Hippophae rhamnoides L.* / Г. Ц. Цыбикова, Я. Г. Разуваева, А. А. Торопова [и др.] // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 1. – С. 92–97. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10011>.
5. Kurek, M. A. Optimization of bread quality with quinoa flour of different particle size and degree of wheat flour replacement / M. A. Kurek, N. Sokolova // Food Science and Technology. – 2020. – Vol. 40, № 2. – P. 307–314. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.38318>.

6. Жуков, Е. В. Совершенствование технологии изделий из жидкого теста: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16 / Жуков Евгений Викторович. – СПб., 1994. – 14 с.
7. Чугунова, О. В. Обоснование рецептурного состава сухих безглютеновых кулинарных смесей / О. В. Чугунова, Л. А. Кокорева, В. М. Тиунов // Индустрия питания. – 2018. – Т. 3, № 2. – С. 22–30.
8. Лежина, Е. А. Технология мучных изделий из бездрожжевого теста с овощными добавками: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.16 / Лежина Елена Александровна. – М., 1988. – 24 с.
9. Туманова, А. Л. Доклинические исследования препарата на основе производных микроводоросли «живая хлорелла», «живых непатогенных пробиотических продуктов» и фитопродуктов черноморского побережья Кавказа / А. Л. Туманова, В. З. Агрба // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 7. – С. 73–77.
10. Пат. 2176667С1 Российская Федерация, С12Н1/12, С12М3/00, С12М3/04. Способ культивирования микроводорослей на основе штамма «*Chlorella vulgaris* ИФР С-111» / Богданов Н. И., Куницын М. В.; заявитель и патентообладатель Богданов Н. И., Куницын М. В. – № 2000110425/13; заявл. 21.04.2000; опубл. 10.12.2001; Бюл. № 34. – 5 с.
11. Microalgae as a safe food source for animals: nutritional characteristics of the acidophilic microalga *Coccomyxa onubensis* / F. Navarro, E. Forján, M. Vázquez [et al.] // Food and Nutrition Research. – 2016. – Vol. 60, № 1. DOI: <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.30472>.
12. Петряков, В. В. Ветеринарная оценка основных биохимических показателей сыворотки крови крыс под воздействием радиации при включении в рационы водоросли хлореллы / В. В. Петряков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – Т. 66, № 4. – С. 144–145.
13. Зухрабова, Л. М. Оптимизация биотехнологии выращивания хлореллы в лабораторных условиях / Л. М. Зухрабова, А. М. Галиева // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2014. – Т. 217, № 1. – С. 99–102.
14. Ильючик, И. А. Рост культуры хлореллы (*Chlorella Vulgaris*) и накопление белка при добавлении $MnCl_2$ в питательную среду / И. А. Ильючик, В. Н. Никандров // Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2018. – № 1. – С. 53–64.
15. Nutritional evaluation of Australian microalgae as potential human health supplements / M. Kent, H. M. Welladsen, A. Mangott [et al.] // PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10, № 2. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118985>.
16. Шалыго, Н. Медицинские аспекты альгологии / Н. Шалыго // Наука и инновации. – 2018. – Т. 180, № 2. – С. 20–23.
17. Effect of chlorella intake on cadmium metabolism in rats / J. A. Shim, Y. A. Son, J. M. Park [et al.] // Nutrition Research and Practice. – 2009. – Vol. 3, № 1. – P. 15–22. DOI: <https://doi.org/10.4162/nrp.2009.3.1.15>.
18. *Chlorella sorokiniana* extract prevents cisplatin-induced myelotoxicity *in vitro* and *in vivo* / S.-H. Lin, M.-H. Li, K.-A. Chuang [et al.] // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2020. – Vol. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/7353618>.
19. Noguchi, N. The influence of *Chlorella* and its hot water extract supplementation on quality of life in patients with breast cancer / N. Noguchi, I. Maruyama, A. Yamada // Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. – 2014. – Vol. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/704619>.
20. Health benefits of blue-green algae: Prevention of cardiovascular disease and nonalcoholic fatty liver disease / C. S. Ku, Y. Yang, Y. Park [et al.] // Journal of Medicinal Food. – 2013. – Vol. 16, № 2. – P. 103–111. DOI: <https://doi.org/10.1089/jmf.2012.2468>.
21. Бочкарева, З. А. Совершенствование технологии вафельных изделий с использованием порошка тыквы / З. А. Бочкарева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4. – С. 74–79.
22. 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. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067>.
23. Развитие современной методической базы контроля содержания витаминов в пищевой продукции и биологически активных добавках к пище / Н. В. Жилинская, В. В. Бессонов, П. С. Громовых [и др.] // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 6. – С. 106–116. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10072>.
24. Коденцова, В. М. Витаминизация пищевых продуктов массового потребления: история и перспективы / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, А. А. Сокольников // Вопросы питания. – 2012. – Т. 81, № 5. – С. 66–78.

References

1. Anistratova OV, Serpunina LT, Kobzareva AS. Justification of the use of different types of flour in the formulation of the dough shell for pancakes. KSTU News. 2019;(53):89–100. (In Russ.).
2. Ponomareva EI, Popov VI, Esaulenko IE, Lukina SI, Alekhina NN. Gingerbreads of enhanced nutritional value with the non-traditional raw materials. Problems of Nutrition. 2017;86(5):75–81. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00079>.

3. Mendoza R, Tolentino-Mayo L, Hernandez-Barrera L, Nieto C, Monterrubio-Flores E, Barquera S. Modifications in the consumption of energy, sugar, and saturated fat among the Mexican adult population: simulation of the effect when replacing processed foods that comply with a front of package labeling system. *Nutrients*. 2018;10(1). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10010101>.
4. Tsybikova GTs, Razuvaeva YaG, Toropova AA, Nikolaev SM. Antimutagenic and antioxidant features of confectionery products containing the powder from the leaves of *Hippophae rhamnoides* L. *Problems of Nutrition*. 2018;87(1):92–97. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10011>.
5. Kurek MA, Sokolova N. Optimization of bread quality with quinoa flour of different particle size and degree of wheat flour replacement. *Food Science and Technology*. 2020;40(2):307–314. DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.38318>.
6. Zhukov EV. Sovershenstvovanie tekhnologii izdeliy iz zhidkogo testa [Improving the batter technology]. Cand. eng. sci. diss. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Trade and Economics; 1994. 14 p.
7. Chugunova OV, Kokoreva LA, Tiunov VM. Recipe justification of the dry gluten-free bake mix. *Food Industry*. 2018;3(2):22–30. (In Russ.).
8. Lezhina EA. Tekhnologiya muchnykh izdeliy iz bezdrozhzhevogo testa s ovoshchnymi dobavkami [Technology of flour-based products from yeast-free dough with vegetable additives]. Cand. eng. sci. diss. Moscow: Plekhanov Russian University of Economics; 1988. 24 p.
9. Tumanova AL, Agrba VZ. Pre-clinical studies of the drug on the basis of microwave derivatives “chlorella”, “nonpathogenic probiotic products” and phytoproducts of the black sea coast of the Caucasus. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2019;(7):73–77. (In Russ.).
10. Bogdanov NI, Kunitsyn MV. Method of culturing microalga based on strain “Chlorella vulgaris IFR N C-111”. Russia patent RU 2176667C1. 2001.
11. Navarro F, Forján E, Vázquez M, Montero Z, Bermejo E, Castaño MA, et al. Microalgae as a safe food source for animals: nutritional characteristics of the acidophilic microalga *Coccomyxa onubensis*. *Food and Nutrition Research*. 2016;60(1). DOI: <https://doi.org/10.3402/fnr.v60.30472>.
12. Petryakov VV. Veterinary evaluation of the basic biochemical indices of blood serum in rats exposed to radiation when fed rations supplemented with chlorella algae. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017;66(4):144–145. (In Russ.).
13. Zukhrabova LM, Galieva AM. Optimization of biotechnology of cultivation of chlorella in the laboratory. *Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*. 2014;217(1):99–102. (In Russ.).
14. Ilyuchyk IA, Nikandrov VN. *Chlorella Vulgaris* culture growth and protein accumulation at MnCl₂ addition in nutrient medium. *Bulletin of Polessky State University. Series in Natural Sciences*. 2018;(1):53–64. (In Russ.).
15. Kent M, Welladsen HM, Mangott A, Li Y. Nutritional evaluation of Australian microalgae as potential human health supplements. *PLoS ONE*. 2015;10(2). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118985>.
16. Shalygo N. Medical aspects of algology. *The Science and Innovations*. 2018;180(2):20–23. (In Russ.).
17. Shim JA, Son YA, Park JM, Kim MK. Effect of chlorella intake on cadmium metabolism in rats. *Nutrition Research and Practice*. 2009;3(1):15–22. DOI: <https://doi.org/10.4162/nrp.2009.3.1.15>.
18. Lin S-H, Li M-H, Chuang K-A, Lin N-H, Chang C-H, Wu H-C, et al. *Chlorella sorokiniana* extract prevents cisplatin-induced myelotoxicity *in vitro* and *in vivo*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2020;2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/7353618>.
19. Noguchi N, Maruyama I, Yamada A. The influence of *Chlorella* and its hot water extract supplementation on quality of life in patients with breast cancer. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 2014;2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/704619>.
20. Ku CS, Yang Y, Park Y, Lee J. Health benefits of blue-green algae: Prevention of cardiovascular disease and nonalcoholic fatty liver disease. *Journal of Medicinal Food*. 2013;16(2):103–111. DOI: <https://doi.org/10.1089/jmf.2012.2468>.
21. Bochkareva ZA. Improving the technology of wafer products using pumpkin powder. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2014;(4):74–79. (In Russ.).
22. 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.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067>.
23. Zhilinskaya NV, Bessonov VV, Gromovykh PS, Bogachuk MN. Development of a modern methodological base for monitoring the content of vitamins in food and food supplements. *Problems of Nutrition*. 2018;87(6):106–116. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10072>.
24. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Sokol'nikov AA. Food fortification: the history and perspectives. *Problems of Nutrition*. 2012;81(5):66–78. (In Russ.).

Сведения об авторах

Бочкарева Зенфира Альбертовна

канд. техн. наук, доцент кафедры пищевых производств, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», 440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1А/11, тел.: +7 (927) 094-79-49, e-mail: bochkarievaz@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4552-8007>

Волшенкова Екатерина Сергеевна

магистрант кафедры пищевых производств, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», 440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1А/11, главный технолог, ООО «Дело», 442731, Россия, Лунино, ул. Саратовская, 30, тел.: +7 (841-2) 49-54-41, e-mail: ketti_costa@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5525-2190>

Information about the authors

Zenfira A. Bochkareva

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department Food Production, Penza State Technological University, 1A/11, dr. Baidukova/Gagarina Str., Penza, 440039, Russia, phone: +7 (927) 094-79-49, e-mail: bochkarievaz@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4552-8007>

Ekaterina S. Volshenkova

Undergraduate of the Department Food Production, Penza State Technological University, 1A/11, dr. Baidukova/Gagarina Str., Penza, 440039, Russia, Production Manager, LLC Delo, 30, Saratovskaya Str., Lunino, 442731, Russia, phone: +7 (841-2) 49-54-41, e-mail: ketti_costa@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5525-2190>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-222-231>
УДК 664.951(261.5)

Оригинальная статья
<http://fptt.ru/>

Анализ данных технохимического состава европейской химеры (*Chimaera monstrosa*) Северной Атлантики

А. М. Мухортова*^{ORCID}, О. Р. Узбекова^{ORCID}, И. И. Лыжов^{ORCID}



Дата поступления в редакцию: 07.03.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

Полярный филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»,
183038, Россия, г. Мурманск, ул. Академика Книповича, 6

*e-mail: mukhort@pinro.ru



© А. М. Мухортова, О. Р. Узбекова, И. И. Лыжов, 2020

Аннотация.

Введение. Непреходящую актуальность для развития пищевой индустрии имеют малоизученные глубоководные объекты промысла Северной Атлантики. Одним из таких гидробионтов является европейская химера (*Chimaera monstrosa*), составляющая значительную долю рыб прилова при траловом и ярусном промысле традиционных объектов. Цель исследования – определение технохимического состава и биохимических свойств органов и тканей европейской химеры.

Объекты и методы исследования. Размерно-массовый и общий химический состав определяли стандартными методами. Аминокислотный состав белков устанавливали методом хроматографического разделения производных аминокислот, полученных по реакции с ортофталевым альдегидом и β-меркаптоэтанолом. Фракционный состав липидов определяли методом одномерной тонкослойной хроматографии. Анализ жирнокислотного состава липидов проводили на газожидкостном хроматографе С-180 фирмы «Yanaco» (Япония). Жирорастворимые витамины определяли омылением проб щелочью, экстракцией и отделением неомыляемой части. Фракционный состав белков определяли методом планарного электрофореза в полиакриламидном геле на установке для электрофореза «MultiPhor II» (Швеция).

Результаты и их обсуждение. Выполнены исследования по определению размерно-массового и химического составов частей тела, фракционного и аминокислотного состава белков, фракционного и жирнокислотного состава липидов, витаминов, а также тяжелых металлов и хлорорганических соединений в тканях и органах европейской химеры. Вкусовые достоинства рыбы на рабочих дегустациях получили высокую оценку. Это позволяет считать наиболее целесообразным использование тушки химеры в качестве столовой рыбы, при приготовлении закусочной продукции и продукции горячего копчения. Отходы при разделке составляют более 50 % от массы тела и могут быть использованы для производства рыбной муки (в кормопроизводстве) как белоксодержащее сырье для получения гидролизатов микробиологического, медицинского, пищевого и кормового назначения.

Выводы. Проведены комплексные биохимические исследования органов и тканей европейской химеры. Выполненные технохимические исследования позволили дать предварительные рекомендации по направлениям наиболее рационального комплексного использования европейской химеры (*Chimaera monstrosa*).

Ключевые слова. Глубоководные рыбы, жирнокислотный состав липидов, технохимические исследования, размерно-массовый состав, аминокислотный состав белков, Северная Атлантика, рациональное использование

Для цитирования: Мухортова, А. М. Анализ данных технохимического состава европейской химеры (*Chimaera monstrosa*) Северной Атлантики / А. М. Мухортова, О. Р. Узбекова, И. И. Лыжов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 222–231. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-222-231>.

Original article

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

Technological Composition Analysis of the Rabbitfish (*Chimaera monstrosa*) in the North Atlantic

A.M. Mukhortova*^{ORCID}, O.R. Uzbekova^{ORCID}, I.I. Lyzhov^{ORCID}

Received: March 07, 2020
Accepted: May 29, 2020

Polar branch of the Russian Federal Research
Institute of Fisheries and Oceanography,
6, Akademika Knipovicha Str., Murmansk, 183038, Russia

*e-mail: mukhort@pinro.ru



© A.M. Mukhortova, O.R. Uzbekova, I.I. Lyzhov, 2020

Abstract.

Introduction. Deep-sea fauna of the North Atlantic has a great potential for the development of food industry. Rabbitfish (*Chimaera monstrosa*) is a hydrobiont that makes up a significant proportion of bycatch in the traditional trawl and longline fishery. The research objective was to determine the technochemical composition and biochemical properties of organs and tissues of rabbitfish.

Study objects and methods. The size-mass and total chemical composition was performed by standard methods. The amino acid composition of proteins was determined by chromatographic separation of amino acid derivatives obtained by reaction with orthophthalic aldehyde and β -mercaptoethanol. The method of one-dimensional thin-layer chromatography made it possible to determine the fractional composition of lipids. The fatty acid composition was determined using an S-180 gas-liquid chromatograph (Yanaco, Japan). The fat-soluble vitamins were determined by the saponification of samples with alkali, extraction, and separation of the unsaponifiable part. The fractional composition of proteins became clear after a planar polyacrylamide gel electrophoresis on (MultiPhor II, Sweden).

Results and discussion. The research featured the size-mass and chemical composition of body parts, the fractional and amino acid composition of proteins, as well as the fractional and fatty acid composition of lipids, vitamins, heavy metals, and organochlorine compounds in the tissues and organs of the rabbitfish. The sensory properties of the samples proved quite high. Hot smoked rabbitfish meat can be recommended for snack foods. Waste (heads, entrails, skin, cartilage, fins) makes up more than 50% of total body weight and can be used in feed production or as a protein-containing raw material for hydrolysates in microbiology, medicine, and food industry.

Conclusion. The research involved a complex biochemical study of the rabbitfish organs and tissues. The performed technochemical studies made it possible to give preliminary recommendations on the directions of its most rational integrated use.

Keywords. Deep-sea fish, fatty acid composition of lipids, technochemical studies, size and mass composition, amino acid composition of proteins, North Atlantic, rational use

For citation: Mukhortova AM, Uzbekova OR, Lyzhov II. Technological Composition Analysis of the Rabbitfish (*Chimaera monstrosa*) in the North Atlantic. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):222–231. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-222-231>.

Введение

Выявление дополнительной сырьевой базы для отечественного рыболовства в открытой части Мирового океана за счет производства продукции из мало или совсем неиспользуемых водных биологических ресурсов является одним из важнейших направлений Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса РФ и Морской доктрины РФ [1, 2].

Глубоководные малоизученные объекты промысла Северной Атлантики (СА) представляют большой интерес в качестве нового дополнительного сырья для расширения ассортимента выпускаемой рыбопродукции.

Российский промысел глубоководных рыб в Северо-Восточной Атлантике (СВА) ведется на Срединно-Атлантическом хребте (САХ) и в Фареро-Хаттонском районе (ФХР). На больших глубинах СВА отечественный флот работает как в международных водах (САХ, плато Хаттон, юго-западные склоны банок Аутер-Бейли и Роколл), так и в рыболовной зоне Фарерских островов (банки Билл-Бейлис, Аутер-Бейли, Фере и Фареро-Исландский порог) [3]. Результаты анализа состояния сырьевой базы и мер регулирования промысла позволяют оценить ежегодный отечественный вылов глубоководных рыб в ФХР величиной 3–6 тыс тонн [4].

Одним из таких глубоководных малоизученных объектов является европейская или обыкновенная химера – *Chimaera monstrosa*. Химера встречается во всех районах СВА и составляет значительную массу рыб прилова при траловом и ярусном промысле

традиционных объектов. Однако особенности изменений химического состава и биохимических свойств европейской химеры на различных этапах ее жизненного цикла с учетом размерной группы, половой принадлежности, этапов физиологического развития, района обитания и сезона вылова изучены мало.

Целью настоящего исследования стало определение размерно-массового и химического составов частей тела, фракционного и аминокислотного состава белков, фракционного и жирнокислотного состава липидов, а также тяжелых металлов и хлорорганических соединений в тканях и органах европейской химеры.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась европейская химера – *Chimaera monstrosa*. Относится к семейству Химеровые – *Chimaeridae*. Европейская химера – хрящевая рыба. Она обитает в Атлантическом океане от Марокко и Средиземного моря до Баренцева моря, встречается у Азорских островов, Мадейры и Исландии.

Придонный, бореально-европейский вид, предпочитает глубины более 300 м. Длина до 150 см (с хвостовой нитью), масса до 2,5 кг. Питается донными беспозвоночными (иглокожие, крабы, креветки и моллюски) [5].

Тело химеры удлинненное, хвостовая часть оканчивается тонким жгутиком. Грудные плавники очень велики, доходят до основания брюшных, анальный плавник маленький. Первый спинной плавник вооружен крепким шипом. Глаза

крупные. Кожа голая; лишь изредка встречаются рудиментарные шипики. Спина темно-коричневая с красноватым оттенком, бока пятнистые, брюхо светлое [6]. Химеры живут вблизи дна на глубинах от 300 до 500 м, в летнее время встречаются на глубине 100 м. Химера откладывает по 2 яйца в длинных (15–18 см) лентовидных капсулах светлорусичевого цвета весной и летом [7].

Сбор гидробионтов проводили в научно-исследовательских экспедициях Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича) (ПИНРО) в районах СА (плато Хаттон, район Сере банки, Фулей банки и район Билл-Бейлис, Ирландский шельф) в весенний и зимний периоды

и доставляли в лабораторию в неразделанном замороженном виде при температуре –18 °С.

Подготовка проб осуществлялась в лаборатории технологии переработки водных биоресурсов ПИНРО.

Определение размерно-массового и общего химического состава выполняли по методическим рекомендациям ВНИРО и ГОСТ 7636-85 [8].

Содержание белков устанавливали, используя системы автоматического определения азота и белка, методом Кьелдаля на анализаторе Kjeltec™ 8400 фирмы Foss Tecator (Швеция).

Аминокислотный состав белков определяли методом хроматографического разделения произ-

Таблица 1. Химический состав частей тела европейской химеры из разных районов вылова Северной Атлантики

Table 1. Chemical composition of the body parts of the European rabbitfish from different catch areas of the North Atlantic

Характеристика		Часть тела (средняя проба)	Содержание, %			
длина, см	пол		влага	жир	белок	зола
Плато Хаттон, апрель						
83,0–91,0	♂	мясо	78,2	1,20	18,6	1,14
		гонады	79,2	4,13	15,6	0,99
		печень	14,6	82,3	3,03	0,09
		внутренности	78,9	3,73	14,8	2,48
95,0–105,0	♀	мясо	77,7	1,09	19,2	1,10
		печень	14,2	82,4	3,21	0,03
		внутренности	78,5	2,72	15,1	2,62
95,0		гонады	72,6	6,23	18,6	1,23
99,0		гонады	78,6	11,1	9,24	0,91
105,0		гонады	75,6	5,75	17,1	1,20
район Билл-Бейлис, май						
86,0	♂	мясо	79,1	1,20	18,1	1,23
		печень	12,3	83,7	3,51	0,21
		гонады	81,0	2,02	14,3	1,29
		внутренности	67,3	21,3	9,30	1,77
96,0	♂	мясо	80,3	0,92	17,5	1,18
		печень	15,5	82,5	1,78	0,15
		гонады	80,3	4,55	13,1	1,15
		внутренности	80,3	7,81	10,3	1,27
115,0	♂	мясо	79,7	0,89	18,2	1,21
		печень	7,63	90,2	2,06	0,12
		гонады	83,5	4,35	11,1	1,06
		внутренности	78,2	3,44	14,9	2,58
Сере банка, декабрь						
69,0	♀	мясо	80,2	0,60	22,2	0,88
		печень	16,6	80,6	3,85	следы
		внутренности	78,4	2,40	15,9	2,40
83,0–88,0	♀	мясо	80,0	0,38	22,8	1,06
		печень	12,9	84,8	4,17	0,23
		гонады	84,8	2,05	14,8	0,95
		внутренности	78,4	2,40	15,9	2,40
Фулей банка, декабрь						
89,0–103,0	♀	мясо	79,2	0,35	19,8	0,60
		печень	7,52	91,0	1,15	0,18
		гонады	76,4	2,93	19,5	1,14
		внутренности	79,1	1,58	15,9	3,12

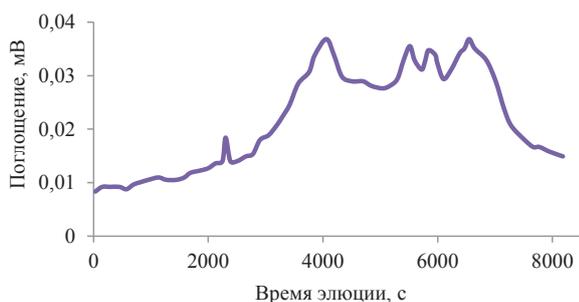


Рисунок 1. Кривая профиля элюции водорастворимых белков мышечной ткани европейской химеры

Figure 1. Elution profile curve of water-soluble muscle tissue proteins of the European rabbitfish

водных аминокислот, полученных по реакции с ортофталевым альдегидом и β-меркаптоэтанолом [9, 10]. Разделение модифицированных аминокислот проводили на хроматографической колонке Supelcosil LC-18 (30 см × 4 мм) и с использованием жидкостного хроматографа LC-10Avr фирмы «Shimadzu» (Япония) с флуориметрическим детектором.

Фракционный состав липидов исследуемых объектов выявляли методом одномерной тонкослойной хроматографии. Липиды экстрагировали по методу Блайя-Дайэра, затем разделяли на пластинках фирмы «Merck» (Германия) в системе растворителей для общих липидов: гексан – эфир – уксусная кислота (45:10:5); для фосфолипидов (ФЛ): бутанол – этанол – вода (25:5:20). Пятна общих и индивидуальных фосфолипидов проявляли 50 % H₂SO₄, сканировали с помощью прибора CS-9000 фирмы «Shimadzu» (Япония) при длине волны 540 нм. Идентификацию фракций осуществляли с помощью стандартов фирмы «Sigma» (США) [11].

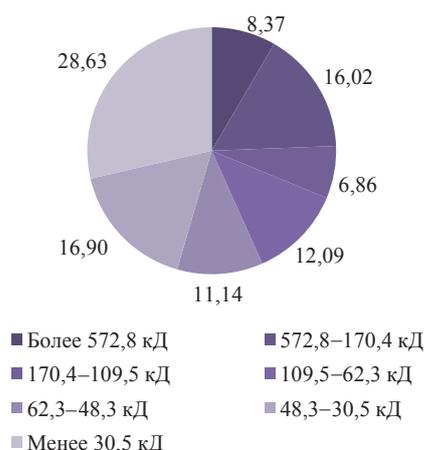


Рисунок 2. Распределение белковых фракций с разной молекулярной массой в мышечной ткани европейской химеры, %

Figure 2. Distribution of protein fractions with different molecular weights in the muscle tissue of the European rabbitfish, %

Определение жирнокислотного состава липидов проводили на газо-жидкостном хроматографе C-180 фирмы «Yanaco» (Япония) в Мурманском Центре стандартизации и метрологии [12–15].

Определение жирорастворимых витаминов проводили методом, заключающемся в омылении проб щелочью, экстракции и отделении неомыляемой части липидов [16]. Содержание витаминов устанавливали с применением метода нормально-фазной ВЭЖХ на хроматомасс-спектрометрической системе фирмы Shimadzu (Япония), модель LC-10Avr. Для определения витаминов использовали колонки Supelcosil LC-SI (25 см × 4,6 мм; 5 мкм). Элюент системы: гексан-2-пропанол (99:1). Экстракцию проводили диэтиловым эфиром со скоростью потока 2 мл/мин. Определение α-токоферола выполняли в УФ спектре при длине волны – 292 нм, ретинола – 324 нм. Содержание каротиноидов определяли тем же методом. Определение их содержания осуществляли

Таблица 2. Жирнокислотный состав липидов печени европейской химеры (Ирландский шельф, весенний период), % к сумме жирных кислот

Table 2. Fatty acid composition of the lipids of the liver of the European rabbitfish (Irish shelf, spring), % of the total fatty acids

Жирные кислоты	Жир печени
Насыщенные	10,1
В том числе:	
C13:0 (тридекаеновая)	0,01
C14:0 (миристиновая)	0,59
C15:0 (пентадекановая)	0,57
C16:0 (пальмитиновая)	1,11
C17:0 (пальмитиновая)	1,22
C18:0 (стеариновая)	5,29
C19:0 (нанодекановая)	0,52
C20:0 (арахиновая)	0,52
C22:0 (бегеновая)	0,28
Мононенасыщенные	76,6
В том числе:	
C14:1 (миристолеиновая)	0,01
C15:1 (пентадеценивая)	0,01
C16:1 (пальмитолеиновая)	3,46
C17:1 (гептадеценивая)	25,4
C18:1 (олеиновая)	37,7
C19:1 (нанодеценовая)	0,69
C20:1 (гадолеиновая)	7,18
C22:1 (эруковая)	2,18
Полиненасыщенные	13,3
В том числе:	
C18:2 (линолевая)	0,65
C18:3 (линоленовая)	0,57
C20:2 (эйкозациеновая)	2,96
C20:4 (арахидоновая)	0,94
C20:5 (эйкозапентаеновая)	1,59
C22:2 (эйкозациеновая)	0,51
C22:5 (докозапентаеновая)	1,75
C22:6 (докозагексаеновая)	4,33

Таблица 3. Фракционный состав липидов печени и гонад европейской химеры по районам и сезонам вылова, % от суммы липидов

Table 3. Fractional composition of the lipids of the liver and gonads of the European rabbitfish by region and catch season, % of the total lipids

Вид ткани	Общие липиды						ФЛ			
	ДГ	ТГ	СЖК	стерины	эфирные стерин	Неидент. фракции	сумма	в том числе		
								лецитин	кефалин	другие
Ирландский шельф, апрель										
Печень	0,5	17,2	4,5	4,4	3,7	76,7	0,5	–	–	–
Плато Хаттон, апрель										
Печень ♂	3,3	5,9	3,2	1,2	3,8	74,7	0,7	0,2	0,3	0,2
Печень ♀	4,4	7,8	5,7	2,1	3,5	81,9	1,8	0,4	0,7	0,7
район Билл-Бейлис, май										
Печень ♂ > 110 см	1,8	12,2	3,1	1,7	1,2	76,8	3,1	1,3	0,3	1,5
Печень ♂ 90–100 см	2,4	12,0	3,1	1,6	4,0	74,2	0,6	0,2	0,2	0,2
Печень ♂ < 90 см	4,9	11,0	3,8	1,7	3,8	69,3	1,1	0,4	0,5	0,2
Фулей банка, декабрь										
Печень	5,70	14,8	5,04	10,0	–	–	18,5	15,3	3,22	–
Гонады	–	31,6	21,6	21,0	–	–	25,6	5,34	20,3	–

на колонках Supelcosil LC-SI (30 см × 4,0; 5 мкм) при длине волны 450 нм, скорость элюции – 0,6 мл/мин. В качестве элюента использовали смесь ацетонитрил-метанол-дихлорметан (50:45:5).

Фракционный состав белков в образцах устанавливали методом планарного электрофореза в полиакриламидном геле на установке для электрофореза «MultiPhor II» (Швеция) [17].

Результаты и их обсуждение

Содержание воды, липидов, белков и минеральных веществ (зола) в органах и тканях европейской химеры представлено в таблице 1.

По химическому составу мышечной ткани европейская химера, выловленная в весенний период, относится к белковым тощим рыбам (белок – 17,5–19,2 %, жир – 0,89–1,20 %), в то время как выловленная в зимний период – к категории тощих высокобелковых рыб (белок – 19,8–22,8 %, жир – 0,35–0,60 %). Химера имеет среднюю

обводненность мышечной ткани (77,7–80,3 %). Химический состав печени европейской химеры характеризуется необычно высокой жирностью – от 80,6 до 91,0 % (в среднем 84,7 %).

Определен фракционный состав веществ белковой природы мышечной ткани европейской химеры. Профиль элюции водорастворимых белков и распределение белковых фракций мяса европейской химеры представлены на рисунках 1 и 2.

В мышечной ткани химеры масса высокомолекулярной фракции достигает 572,8 кД (8,37 %). Также в мясе рыбы присутствуют средне- и низкомолекулярные фракции – с пиками 48,3 и 30,5 кД соответственно. Содержание низкомолекулярных белков достаточно высоко и составляет 28,6 %.

Жирнокислотный состав липидов печени европейской химеры отражен в таблице 2. Большая половина жирных кислот в липидах печени европейской химеры приходится на долю мононенасыщенных жирных кислот (76,6 %), представленных олеиновой (37,7 %) и гептадеценовой (25,4 %) кислотами. Содержание гадолеиновой кислоты (7,2 %) в жире печени химеры почти в 2 раза выше, чем пальмитолеиновой (3,5 %). Сумма полиненасыщенных жирных кислот в исследованном жире составила 13,3 % и незначительно превышала сумму насыщенных кислот (10,1 %). Для насыщенных жирных кислот характерно высокое содержание стеариновой кислоты (5,3 %), для полиненасыщенных – докозагексаеновой (4,3 %) и эйкозадиеновой (2,9 %) жирных кислот.

Липиды печени европейской химеры, в зависимости от сезона и района вылова, содержат 0,5–5,70 % диглицеридов (ДГ), 5,90–17,2 % триглицеридов (ТГ), 3,1–5,70 свободных жирных кислот (СЖК), 1,20–10,0 % эфиров стерин и 0,50–18,5 % фосфолипидов (ФЛ). Гонады характеризуются

Таблица 4. Показатели качества жира из печени европейской химеры

Table 4. Quality indicators of fat from the liver of the European rabbitfish

Показатели	Результаты анализа	Допустимый уровень по СанПиН
Кислотное число	0,58 мг КОН/г	не более 4 мг КОН/г
Перекисное число	2,25 ммоль активного кислорода на кг жира	не более 10 ммоль активного кислорода на кг жира
Йодное число	60, 42 % I	
Альдегиды	0,026 Е 1 г/100см ³ на 1 см	

Таблица 5. Размерно-массовый состав частей тела европейской химеры из разных районов вылова Северной Атлантики

Table 5. Dimensional-mass composition of body parts of the European rabbitfish from different areas of the North Atlantic

№	Абсолютная длина рыбы, см	Масса тела, г	Пол	Соотношение частей тела, %									
				голова		тушка			плавники	внутренности			
				целиком	в т. ч. прирезки	целиком	в том числе			целиком	в том числе		
						мясо	кожа	хрящи		печень	гонады		
Плато Хаттон, апрель													
1	83,0	1244	♂	28,5	–	38,0	29,3	4,30	4,38	9,00	23,5	17,5	0,94
2	91,0	1200	♂	27,7	–	39,1	31,3	4,22	3,55	8,83	23,5	17,1	0,89
3	95,0	1800	♀	26,9	–	38,1	29,9	4,92	3,31	6,08	28,1	19,9	4,58
4	99,0	1578	♀	26,6	–	38,4	30,1	5,30	2,96	6,84	27,3	20,7	2,35
5	105,0	1900	♀	26,8	–	37,4	30,1	4,56	2,72	8,05	26,7	15,8	4,61
Средние значения				27,3	–	38,2	30,1	4,66	3,38	7,76	25,8	18,2	2,67
район Билл-Бейлис, май													
6	86,0	952	♂	24,4	–	37,6	29,8	4,84	2,92	12,3	24,4	16,0	1,76
7	96,0	2080	♂	24,0	–	44,3	36,5	4,35	3,42	7,50	21,9	18,6	0,70
8	115,0	2948	♂	25,1	–	41,8	34,7	3,76	3,34	6,78	25,9	22,0	1,32
Средние значения				24,5	–	41,2	33,7	4,32	3,23	8,86	24,1	19,0	1,26
Сере банка, декабрь													
9	83,0	1672	♀	19,1	2,93	48,4	38,7	5,19	4,48	5,36	25,8	19,4	1,71
10	88,0	1422	♀	19,4	3,41	49,2	39,9	5,00	4,32	4,29	25,8	19,0	0,92
11	69,0	340	♀	23,6	3,90	48,0	37,4	5,34	5,21	5,59	21,6	12,2	0,03
Средние значения				20,7	3,41	48,5	38,7	5,18	4,67	5,08	24,4	17,0	0,89
Фулей банка, декабрь													
12	89,0	1990	♀	24,6	6,03	37,7	30,0	5,10	2,61	6,56	30,3	18,6	2,26
13	93,0	2135	♀	25,3	3,04	40,7	34,0	4,07	2,76	6,56	26,5	18,3	2,38
14	103,0	2410	♀	25,6	5,81	39,1	31,0	4,68	3,41	6,43	28,0	18,2	4,08
Средние значения				25,2	4,96	39,2	31,7	4,62	2,93	6,52	28,2	18,4	2,91

высоким содержанием ТГ и ФЛ – 31,6 и 25,6 % соответственно (табл. 3).

Показатели качества жира печени химеры соответствуют требованиям ТР ЕАЭС 040/2016¹ (табл. 4).

Содержание витамина А в жире европейской химеры составляет 1,42 мг/100 г ткани.

Размерно-массовый состав частей тела европейской химеры представлен в таблице 5. Выход тушки у исследованной химеры, в зависимости от района и сезона вылова, составил 38,2–48,5 %, выход мяса – 30,1–38,7 % за счет крупной головы (20,7–27,3 %). Необходимо отметить большую массу печени 17,0–19,0 % за счет которой внутренности химеры составили значительную величину (24,1–28,2 %).

Белок мышечной ткани европейской химеры является полноценным. В нем присутствуют все незаменимые аминокислоты, которые указаны в шкале, разработанной экспертами Продовольственной и сельскохозяйственной организацией ООН (ФАО) и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) для «идеального белка» –

¹ ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции». – 2016. – 129 с.

Таблица 6. Аминокислотный состав белка мышечной ткани европейской химеры

Table 6. Amino acid composition of the muscle protein of the European rabbitfish

Аминокислота	Мясо		«Идеальный» белок, %
	%	мг/100 г кани	
Незаменимые аминокислоты, в том числе			
Валин	5,1	1008	4,0
Изолейцин	5,2	1031	3,0
Лейцин	7,3	1441	6,1
Лизин	7,8	1550	4,8
Метионин	3,5	687	2,3 (с цистином)
Треонин	4,6	912	2,5
Триптофан	0,2	45	0,66
Фенилаланин	2,9	575	4,1 (с тирозином)
Гистидин	4,5	901	1,6
Заменимые аминокислоты, в том числе			
Аланин	5,5	1088	
Аргинин	5,6	1117	
Аспарагиновая	10,7	2112	
Глицин	7,2	1419	
Глутаминовая	16,7	3316	
Серин	4,7	934	
Тирозин	2,3	463	
Всего	94,0	18612	

Таблица 7. Содержание тяжелых металлов в мышцах европейской химеры (мкг/г сырой массы)

Table 7. Heavy metals in the muscles of the European rabbitfish ($\mu\text{g/g}$ of wet weight)

Медь	Цинк	Никель	Хром	Марганец	Кобальт	Железо	Свинец	Кадмий	Ртуть	Мышьяк
Роккол банка, сентябрь										
0,36	3,60	< 0,20	< 0,20	0,34	< 0,20	1,80	< 1,00	< 0,04	0,75	–
Фулей банка, декабрь										
0,53	8,31	0,13	1,2	0,32	0,10	12,3	0,06	0,04	0,100	4,13

Таблица 8. Содержание ХОП и ПХБ в мышцах европейской химеры, мг/кг сырой массы (Фулей банка, декабрь)

Table 8. The content of OCPs and PCBs in the muscles of the European rabbitfish, mg/kg of wet weight (Fuley fish bed, December)

Вид ткани	Σ ГХЦГ	Σ ДДТ	Σ ПХБ
мышцы	0,001	0,001	0,001



Рисунок 3. Разделка европейской химеры

Figure 3. Filleting the European rabbitfish

оптимального белка для обеспечения потребностей взрослого человека [18]. Среди заменимых аминокислот в наибольших количествах присутствуют аспарагиновая и глутаминовая аминокислоты – 10,7 и 16,7 % соответственно (табл. 6).

В решении вопросов рационального использования объектов промысла первостепенное значение отводится оценке их экологической безопасности. Все нормированные тяжелые металлы (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк), согласно ТР ТС 021/2011, в мышечной ткани европейской химеры не превышают допустимых уровней² (табл. 7). Наличие хлорорганических пестицидов (ХОП) и полихлорбифенилов (ПХБ) в мышцах европейской химеры также не превышают допустимых норм (табл. 8). Это свидетельствует об экологической безопасности данного объекта.

Полученные исследования о химическом составе и биохимических свойствах органов и тканей европейской химеры позволяют сделать предварительные рекомендации об их ценности, безопасности для пищевых целей и целесообразных способах ее использования.

Строение тела и неприглядный внешний вид – это те причины, по которым заготавливать европейскую химеру следует в виде тушки. Она составляет

38,2–48,5 % от массы тела. Выход мяса, в зависимости от района и сезона вылова, небольшой (30,1–38,7 %) за счет крупной головы, которая составляет 20,7–27,3 %. Химеру разделяют на тушку с удалением хвостовой части, которая вместе с плавником составляет 20–25 % от длины тела (рис. 3).

Европейская химера – крупная белковая и высокобелковая тощая рыба (в зависимости от сезона вылова). Консистенция мышечной ткани химеры водянистая (77,7–80,3 %), поэтому целесообразно частично удалять из нее воду или вводить водоудерживающие компоненты (для производства фаршевых изделий и консервов).

Вкусовые достоинства этой рыбы на рабочих дегустациях получили высокую оценку. Это позволяет использовать тушку химеры в качестве столовой рыбы при приготовлении закусочной продукции, горячего копчения, а также для производства широкого ассортимента продукции – кулинарных изделий, фарша особых кондиций, формованной и аналоговой продукции, стерилизованных фаршевых изделий в оболочке и др.

Особую ценность представляет печень европейской химеры. Ее выход составил большую величину 17,0–19,0 % (в среднем 18,0 %) и имеет очень высокое жиросодержание, которое в зимний период достигает 91,0 % (в среднем 84,7 %). Печень европейской химеры может служить сырьем для получения комплекса биологически активных веществ и быть использована для производства консервов натуральных, а также ветеринарного жира.

Отходы при разделке (головы, внутренности, кожа, хрящи, плавники) составляют более 50 % от всей массы тела и могут быть использованы для производства рыбной муки (в кормопроизводстве), а также как белоксодержащее сырье для получения гидролизатов микробиологического, медицинского, пищевого и кормового назначения.

Выводы

Проведен анализ данных по химическому составу и биохимическим особенностям органов и тканей европейской химеры Северной Атлантики, с учетом размерной группы, половой принадлежности, района и сезонов вылова. В силу изложенного европейская химера – один из перспективных для освоения объектов промысла СА. Полученные

² ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – 2011. – 242 с

технохимические исследования позволили сделать предварительные рекомендации по направлениям рационального комплексного использования европейской химеры, а также для расширения ассортимента пищевой, кормовой и технической продукции.

Критерии авторства

А. М. Мухортова руководила проектом. О. Р. Узбекова и И. И. Лыжов принимали участие в экспериментальных исследованиях.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

Contribution

A.M. Mukhortova supervised the project. O.R. Uzbekova and I.I. Lyzhov took part in 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. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fish.gov.ru/files/documents/files/proekt-strategiya-2030.pdf>. – Дата обращения: 02.03.2020.
2. Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2010/12/21/mordeyatelnost-site-dok.html>. – Дата обращения: 02.03.2020.
3. Александров, Д. И. Глубоководные рыбы Фареро-Хаттонского района / Д. И. Александров // Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2018 г. / Е. А. Шамрай. – Мурманск : ПИНРО. – 2018. – С. 81–82.
4. Александров, Д. И. Глубоководные рыбы Фареро-Хаттонского района / Д. И. Александров // Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева и Белого морей и Северной Атлантики в 2019 г. / Е. А. Шамрай. – Мурманск : ПИНРО. – 2019. – С. 89–91.
5. Долгов, А. В. Атлас-определитель рыб Баренцева моря. 2-е издание / А. В. Долгов. – Мурманск : ПИНРО, 2012. – 188 с.
6. Константинова, Л. Л. Нетрадиционные объекты промысла Северной Атлантики и морей Северо-Европейского бассейна и перспективы их использования / Л. Л. Константинова. – Мурманск : ПИНРО, 2009. – 198 с.
7. Долгов, А. В. Атлас-определитель рыб Баренцева моря / А. В. Долгов. – Мурманск : ПИНРО, 2011. – 187 с.
8. Технохимическое исследование рыбы и беспозвоночных. Методические рекомендации. – М. : ВНИРО, 1981. – 93 с.
9. Alterman, A. M. Amino acid analysis: methods and protocols / M. A. Alterman. – New York : Humana, 2019. – 460 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9639-1>.
10. Raimbault, A. Analysis of free amino acids with unified chromatography-mass spectrometry-application to food supplements / A. Raimbault, A. Noireau, C. West // Journal of Chromatography A. – 2020. – Vol. 1616. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460772>.
11. Reich, E. Thin-layer chromatography / E. Reich, V. Maire-Widmer // Encyclopedia of Analytical Science / P. Worsfold, A. Townshend, C. Poole [et al.]. – Elsevier, 2019. – P. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.00538-2>.
12. Destailats, F. Fast analysis by gas-liquid chromatography: perspective on the resolution of complex fatty acid compositions / F. Destailats, C. Cruz-Hernandez // Journal of Chromatography A. – 2007. – Vol. 1169, № 1–2. – P. 175–178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.08.073>.
13. Petrović, M. Optimization of the GC method for routine analysis of the fatty acid profile in several food samples / M. Petrović, N. Kezić, V. Bolanča // Food Chemistry. – 2010. – Vol. 122, № 1. – P. 285–291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.018>.
14. Wei, G.-L. Gas chromatography-mass spectrometry and high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry in quantifying fatty acids / G.-L. Wei, E. Y. Zeng // TrAC Trends in Analytical Chemistry. – 2011. – Vol. 30, № 9. – P. 1429–1436. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.05.005>.
15. Chiua, H.-H. Gas chromatography-mass spectrometry-based analytical strategies for fatty acid analysis in biological samples / H.-H. Chiua, C.-H. Kuo // Journal of Food and Drug Analysis. – 2019. – Vol. 28, № 1. – P. 60–73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2019.10.003>.
16. Application of supercritical fluid chromatography coupled to mass spectrometry to the determination of fat-soluble vitamins in selected food products / J.-M. Oberson, E. Campos-Giménez, J. Rivière [et al.] // Journal of Chromatography B. – 2018. – Vol. 1086. – P. 118–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2018.04.017>.
17. Westermeier, R. Electrophoresis in practice / R. Westermeier. – Weinheim : WILEY-VCH, 2005. – 427 p.
18. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. – Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. – 66 p.

References

1. Strategiya razvitiya rybokhozyaystvennogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda [Development Strategy of the fishery complex of the Russian Federation for the period up to 2030] [Internet]. [cited 2020 Mar 02]. Available from: <https://fish.gov.ru/files/documents/files/proekt-strategiya-2030.pdf>.
2. Strategiya razvitiya morskoy deyatelnosti Rossiyskoy Federatsii do 2030 goda [Development Strategy of the marine activities of the Russian Federation up to 2030] [Internet]. [cited 2020 Mar 02]. Available from: <https://rg.ru/2010/12/21/mordeyatelnost-site-dok.html>.
3. Aleksandrov DI. Glubokovodnye ryby Farero-Khattonskogo rayona [Deep-sea fish of the Faroe-Hatton region]. In: Shamray EA, editor. Sostoyanie syr'evykh biologicheskikh resursov Barentseva i Belogo morey i Severnoy Atlantiki v 2018 g. [State of the raw biological resources of the Barents and White Seas and the North Atlantic in 2018]. Murmansk: Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 2018. pp. 81–82. (In Russ.).
4. Aleksandrov DI. Glubokovodnye ryby Farero-Khattonskogo rayona [Deep-sea fish of the Faroe-Hatton region]. In: Shamray EA, editor. Sostoyanie syr'evykh biologicheskikh resursov Barentseva i Belogo morey i Severnoy Atlantiki v 2019 g. [State of the raw biological resources of the Barents and White Seas and the North Atlantic in 2019]. Murmansk: Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 2019. pp. 89–91. (In Russ.).
5. Dolgov AV. Atlas-opredelitel' ryb Barentseva moray. 2-e izdanie [Key Atlas of the Barents Sea fish. 2nd edition]. Murmansk: Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 2012. 188 p. (In Russ.).
6. Konstantinova LL. Netraditsionnye ob"ekty promysla Severnoy Atlantiki i morey Severo-Evropeyskogo basseyna i perspektivy ikh ispol'zovaniya [Non-traditional objects of fishing in the North Atlantic and the seas of the North European basin and prospects for their use]. Murmansk: Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 2009. 198 p. (In Russ.).
7. Dolgov AV. Atlas-opredelitel' ryb Barentseva moray [Key Atlas of the Barents Sea fish]. Murmansk: Polar branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 2011. 187 p. (In Russ.).
8. Tekhnokhimicheskoe issledovanie ryby i bespozvonochnykh. Metodicheskie rekomendatsii [A technochemical study of fish and invertebrates. Guidelines]. Moscow: Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, 1981. 93 p. (In Russ.).
9. Alterman AM. Amino acid analysis: methods and protocols. New York: Humana; 2019. 460 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-9639-1>.
10. Raimbault A, Noireau A, West C. Analysis of free amino acids with unified chromatography-mass spectrometry-application to food supplements. *Journal of Chromatography A*. 2020;1616. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460772>.
11. Reich E, Maire-Widmer V. Thin-layer chromatography. In: Worsfold P, Townshend A, Poole C, Miró M, editors. *Encyclopedia of Analytical Science*. Elsevier; 2019. pp. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.00538-2>.
12. Destaillets F, Cruz-Hernandez C. Fast analysis by gas-liquid chromatography: perspective on the resolution of complex fatty acid compositions. *Journal of Chromatography A*. 2007;1169(1–2):175–178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.08.073>.
13. Petrović M, Kezić N, Bolanča V. Optimization of the GC method for routine analysis of the fatty acid profile in several food samples. *Food Chemistry*. 2010;122(1):285–291. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.02.018>.
14. Wei G-L, Zeng EY. Gas chromatography-mass spectrometry and high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry in quantifying fatty acids. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2011;30(9):1429–1436. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2011.05.005>.
15. Chiua H-H, Kuo C-H. Gas chromatography-mass spectrometry-based analytical strategies for fatty acid analysis in biological samples. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2019;28(1):60–73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2019.10.003>.
16. Oberson J-M, Campos-Giménez E, Rivière J, Martin F. Application of supercritical fluid chromatography coupled to mass spectrometry to the determination of fat-soluble vitamins in selected food products. *Journal of Chromatography B*. 2018;1086:118–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2018.04.017>.
17. Westermeier R. *Electrophoresis in practice*. Weinheim: WILEY-VCH; 2005. 427 p.
18. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013. 66 p.

Сведения об авторах

Мухортова Анна Михайловна

главный 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: mukhort@pinro.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0496-7035>

Information about the authors

Anna M. Mukhortova

Chief Specialist of the Laboratory for the 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: mukhort@pinro.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0496-7035>

Узбекова Ольга Раиловна

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

 <https://orcid.org/0000-0002-6797-5289>

Лыжов Иван Иванович

старший 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: lyzhov@pinro.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7395-222X>

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

 <https://orcid.org/0000-0002-6797-5289>

Ivan. I. Lyzhov

Senior Specialist of the Laboratory for the 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: lyzhov@pinro.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7395-222X>

Перспективы использования амаранта и непропаренной гречихи в сухих безглютеновых смесях для детей с непереносимостью глютена

С. А. Урубков*^{ORCID}, С. С. Хованская, С. О. Смирнов



Дата поступления в редакцию: 11.03.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН,
142718, Россия, Московская область, Ленинский район,
пос. Измайлово, 22

*e-mail: glen.vniiz@gmail.com



© С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов, 2020

Аннотация.

Введение. Строгая диета является основным способом лечения заболеваний непереносимости глютена. Однако она нередко нарушается, особенно детьми, из-за ограниченного ассортимента рекомендуемых продуктов и блюд. В питание детей с непереносимостью глютена должны быть включены продукты на зерновой основе, не содержащие глютен и обеспечивающие детей углеводами, в том числе пищевыми волокнами, растительными белками, жирами, витаминами группы В, минеральными веществами (калием, магнием, селеном и др.). В связи с этим актуальна разработка новых видов специализированной безглютеновой продукции, позволяющей расширить рацион питания. Данное исследование направлено на изучение содержания основных пищевых веществ (белков, жиров, углеводов), а также общее содержание минеральных веществ в амарантовой муке и муке из нативной гречневой крупы.

Объекты и методы исследования. Исследование проводили методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе SpectraStar 2500. На основании полученных данных произведен расчет пищевой и энергетической ценности продуктов, содержащих амарантовую и гречневую муку, а также плодовоовощные и ягодные порошки, предназначенных для детей старше трех лет с непереносимостью глютена.

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что амарантовая мука имеет высокое содержание белка (13,4 %), липидов (5,1 %), а также зольности (2,8 %). Мука из нативной гречневой крупы содержит 7,5 % белка, 3,6 % липидов, зольность гречневой муки составила 1,4 %. Содержание углеводов у обоих образцов находится примерно на одном уровне 56–58 %. Согласно проведенным расчетам специализированные сухие безглютеновые смеси, предназначенные для детей старше трех лет с непереносимостью глютена, могут служить важным источником растительного белка (до 9,44 г/100 г готовой продукции) углеводов (до 40,08 г/100 г готовой продукции), а также энергетической ценности (от 158,12 до 221,85 ккал/100 г готовой продукции).

Выводы. Полученные данные подтверждают перспективу использования в качестве основных компонентов муку из гречихи и амаранта, а также плодовоовощные и ягодные порошки, которые обладают высокой питательной и биологической ценностью.

Ключевые слова. Продукты питания, зерно, дети, схема питания, целиакия, глютен

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена за счет субсидий на выполнение государственного задания в рамках программы Фундаментальных научных исследований государственной академии наук на 2019–2021, тема № 0529-2019-0065 «Разработка специализированных безглютеновых зерновых смесей с амарантом для питания детей с непереносимостью глютена».

Для цитирования: Урубков, С. А. Перспективы использования амаранта и непропаренной гречихи в сухих безглютеновых смесях для детей с непереносимостью глютена / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 232–241. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-232-241>.

Original article

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

Prospects for Using Amaranth and Native Buckwheat in Dry Gluten-Free Mixes for Children with Gluten Intolerance

S.A. Urubkov*^{ORCID}, S.S. Khovanskaya, S.O. Smirnov

V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems
of Russian Academy of Sciences,



Abstract.

Introduction. Diet therapy is one of the main approaches to the treatment of various diseases of the digestive system. A strict lifetime diet is the main method of treatment for gluten intolerance. However, young patients, who are particularly sensitive to dietary restrictions, often fail to follow the diet due to the limited menu of recommended foods and dishes. The diet for children with gluten intolerance should include a sufficient amount of gluten-free grain-based products. They provide children with carbohydrates, dietary fibers, vegetable proteins, fats, B vitamins, and minerals, e.g. potassium, magnesium, selenium, etc. In this regard, it is urgent to develop new types of specialized gluten-free products to expand the diet both in terms of nutritional value and taste diversity.

Study objects and methods. The research is part of a project on the development of dry gluten-free mixes based on buckwheat and amaranth with fruit, vegetable, and berry raw materials. The new formulations are intended for children older than three years of age with gluten intolerance. The research objective was to study the main nutrients in amaranth and buckwheat flours. The study involved the method of infrared spectroscopy using a SpectraStar 2500 analyzer. The data obtained made it possible to calculate the nutritional and energy value of products based on amaranth and buckwheat flours, as well as fruit, vegetable, and berry powders intended for children older than three years of age with gluten intolerance.

Results and discussion. Amaranth flour proved to be rich in protein (13.4%), lipids (5.1%), and ash (2.8%). Native buckwheat flour contained 7.5% of protein, 3.6% of lipids, and 1.4% of ash. The carbohydrate content appeared approximately the same in both samples (56–58%). The dry gluten-free mixes can serve as an important source of vegetable protein (up to 9.44 g per 100 g of the finished product), carbohydrates (up to 40.08 g per 100 g of the finished product, and energy (from 158.12 to 221.85 kcal per 100 g of the finished product).

Conclusion. The high nutritional and biological value of amaranth and buckwheat flours, as well as fruit, vegetable, and berry powders, confirmed the prospect of using them as the main components for functional foods. Amaranth and buckwheat contain no gluten but are rich in protein, amino acids, saturated and unsaturated fatty acids, minerals, and biologically active elements, which makes them an important source of nutrition for children with gluten intolerance.

Keywords. Food, grain, children, food scheme, celiac disease, gluten

Funding. The research was funded by the state grant within the Fundamental Scientific Research Program of the State Academy of Sciences for 2019–2021, project No. 0529-2019-0065 “Development of specialized gluten-free grain mixes with amaranth for children with gluten intolerance”.

For citation: Urubkov SA, Khovanskaya SS, Smirnov SO. Prospects for Using Amaranth and Native Buckwheat in Dry Gluten-Free Mixes for Children with Gluten Intolerance. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):232–241. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-232-241>.

Введение

Питание играет ведущую роль в обеспечении здоровья человека и имеет особое значение в детском возрасте, когда в организме интенсивно протекают процессы роста и развития, формируются органы и системы, совершенствуются их функции.

Диетотерапия – неотъемлемая часть лечения заболеваний органов пищеварения детского возраста. Строгая диета является основным способом лечения заболеваний непереносимости глютена, в том числе целиакии. Эффективность лечения непереносимости глютена напрямую зависит от приверженности к безглютеновой диете, которая нередко нарушается из-за ограниченного ассортимента рекомендуемых продуктов и блюд, особенно больными детского возраста [1–3].

Целиакия встречается примерно у 1 % населения во всем мире, но значительное количество скрытых форм не диагностируются. Исследования показывают, что распространенность заболевания за последние 50 лет увеличилась в 4–5 раз. Одновременно наблюдается отчетливая тенденция

к нарастанию частоты гастроэнтерологической патологии в детском возрасте (рис. 1) [1–4].

Глютен представляет собой компонент клейковины злаков, состоящий из глютелинов – белков эндосперма, растворяющихся только в слабых кислотах или щелочах, и проламинов – белков, растворимых в 60–80 % растворе этанола. Эти белки отражают характеристики аминокислотного состава, а именно высокое содержание и большое число аминокислотных последовательностей пролина и глутамина, определяющих токсичность глиадина (в пшенице), секалина (во ржи), гордеина (в ячмене) и авенина (в овсе) для больных целиакией. Однако не все белки, относящиеся к глютелинам и проламинам, токсичны для организма человека. Проламины риса и кукурузы практически не содержат глутамина и пролина, но содержат больше лейцина и аланина – безопасных аминокислот для больных с непереносимостью глютена.

В питание детей с непереносимостью глютена должны быть включены в достаточном количестве продукты на зерновой основе, не содержащие глютен

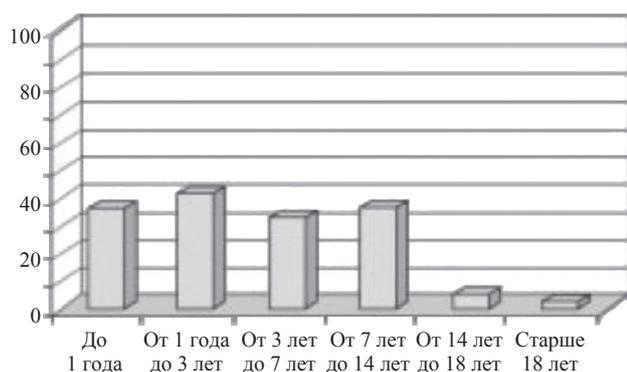


Рисунок 1. Распределение больных целиакией по возрасту на момент обращения [4]

Figure 1. Age distribution of patients with celiac disease on admission [4]

и обеспечивающие детей углеводами, в том числе пищевыми волокнами, растительными белками, жирами, витаминами группы В, минеральными веществами (калием, магнием, селеном и др.). Принципиально важным является отказ от употребления хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий, макаронных изделий, пшеничной, манной, овсяной, перловой, ячневой круп и продуктов, которые содержат «скрытый» глютен, используемый в составе пищевой добавки в процессе производства [3].

Отказ от продуктов на основе такого распространенного зернового сырья как пшеница, рожь и овес, снижает возможность обеспечения полноценного рациона разнообразными продуктами. У детей на фоне соблюдения безглютеновой диеты часто наблюдаются дефицит ценных минеральных и биологически активных веществ, таких как калий, селен, магний, а также витаминов группы В и пищевых волокон (клетчатки). Недостаток потребления нутриентов, а также нарушения их всасывания напрямую формирует риск нарушений физического развития ребенка [3, 5].

Целью данного исследования было определение основных пищевых веществ (белков, жиров и углеводов), а также общего содержания минеральных веществ, выраженное параметром зольность в 100 г готовых изделий из гречневой и амарантовой муки, а также плодовоовощных и ягодных порошков.

На основании содержания основных нутриентов и энергетической ценности в 100 г готовых изделий произведен расчет удовлетворения рекомендуемой суточной потребности (РСП) основных нутриентов для разработанных смесей печенья, кексов и блинчиков на примере их потребления детьми 6 лет.

Специализированная продукция из амаранта и гречихи может стать источником дефицитных макро- и микроэлементов, полноценного белка и других биологически ценных соединений [6–9]. Расширение линейки отечественной специализированной

безглютеновой продукции, в том числе за счет использования новых видов глютена не содержащего сырья, относится к актуально научно-практической задаче, решение которой позволит оптимизировать подход к организации питания больных с непереносимостью глютена, повысить комплаентность лечения, улучшить качество жизни пациента и его семьи. Потребление специализированных продуктов позволяет снизить частоту и степень выраженности дефицитных состояний необходимых организму нутриентов [1–3, 5].

Объекты и методы исследования

Было исследовано содержание основных нутриентов и зольности в муке амарантовой 1 сорта по ТУ 9293-004-77872064-2011 и в крупе гречневой ядрица (непропаренная) 1 сорта по ТУ 10.61.32-004-06861298-2018.

Влажность определяли по ГОСТ 9404-88, зольность определяли по ГОСТ 32933-2014. Исследование содержания белков, жиров и углеводов проводили методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе SpectraStar 2500 (номер госрегистрации 34294-12) согласно ГОСТ 10846-91, ГОСТ 29033-91, ГОСТ 26176-91, ГОСТ 31675-2012. Достоверность результатов была подкреплена проведенными исследованиями общего содержания белка на полуавтоматическом анализаторе азота, состоящего из полуавтоматической установки для перегонки паром ГВЛ 139 (производства VELP Scientifically Eurore 2013 года), дигестора с программируемым нагревом ВЛ 6 и автоматического титратора Easy Puls с электродом EG 11-BNC. Все приборы поверены и находятся в аккредитованной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Московский».

В качестве готовой продукции рассматривали печенья, кексы и блины из сухих безглютеновых смесей, включающих муку из нативной гречневой крупы, амарантовую муку, плодовоовощные и ягодные порошки, а также дополнительные компоненты. Для расчета основных пищевых веществ и калорийности в 100 г готовой продукции использовали следующий ингредиентный состав и соотношение компонентов в сухих смесях: амарантовая мука и мука из нативной гречневой крупы в соотношении 1:1 и 2:1, яблочный (входит в состав всех изделий), свекольный и клюквенный порошки (в соответствии с наименованием) не более 10 % смеси, а также дополнительные компоненты: соль, сахар-песок, сода пищевая, кислота лимонная. При расчете также учитывались яйцо куриное (для кексов и печенья) и сливочное масло (для кексов и блинов (при намазке на уже готовое изделие).

Для определения расчетной энергетической ценности готового продукта процентное содержание соответствующих пищевых веществ умножалось на следующие коэффициенты: белки – 4,0 ккал/г,

жиры – 9,0 ккал/г, углеводы – 4,0 ккал/г. Сумма полученных произведений является теоретической калорийностью 100 г продукта.

Амарант. Амарант является одной из древнейших сельскохозяйственных культур. Основными странами производителями и потребителями амаранта являются США, Мексика, Китай, Канада, Аргентина и Перу. Амарант обладает рядом особенностей, позволяющим противостоять неблагоприятным для большинства злаковых климатическим условиям.

Международный научный интерес к данной культуре возник недавно. Лишь в начале XX века появились первые исследования, выполненные академией наук США, которые практически заново открыли древнюю культуру, подтвердив ее высокую питательную и биологическую ценность [10].

Амарант является богатым источником белка, липидов, β -каротина, витаминов, минеральных веществ и пищевых волокон. Крахмал амаранта уникален своей высокой растворимостью и усвояемостью по сравнению с крахмалом пшеницы, риса и овса. Амарант не содержит глютен. При этом количество белка с полным набором аминокислот примерно на 30 % выше, чем у традиционных зерновых культур. Мировые исследования относят амарант к источнику биологически активных соединений, обладающих антиоксидантными и антимикробными свойствами, а также антидиабетическими, антигиперлипидемическими и антигиперхолестеринемическими эффектами [11].

Одним из распространенных способов применения зерна амаранта является измельчение его в муку и использование в качестве добавки для улучшения питательных свойств хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий. В России амарант является нетрадиционной культурой и в настоящее время реализуется в качестве пищевого продукта, обозначенного как «функциональное питание» из-за его полезных свойств, способствующих укреплению здоровья.

Амарант содержит 13–19 % белка, 5–13 % липидов, 62–74 % углеводов, 9 % пищевых волокон и 2,14–2,91 % золы. Основными минеральными веществами, которые содержатся в зерне амаранта, являются Fe, Mg, Mn, K, P, S, Na, Se. Амарант также богат витаминами комплекса B. Амарант является источником лизина и других биологически активных соединений, таких как фенольные соединения, сквален, фолат, фитаты и токоферолы [12–14].

Амарант содержит изолейцин (58 мг/г белка), лизин (75 мг/г белка), треонин (56 мг/г белка), лейцин (88 мг/г белка), а также триптофан, валин, гистин, аспарагиновую кислоту и серосодержащие аминокислоты. Обычно лизин выступает в качестве лимитирующей аминокислоты в злаковых культурах. Количество лизина в амаранте в два раза больше, чем у пшеницы, и в три раза больше, чем у кукурузы, что делает его источником белка высокого качества.

По сравнению с большинством видов зерновых содержание липидов также выше – около 5–13 %. Липиды амаранта состоят из триацилглицеролов, фосфолипидов и сквалена, жирорастворимых витаминов в виде токоферолов и токотриенолов (5–8 %) и стеринлов (0,27–0,32 мг/г). Липиды амаранта богаты ненасыщенными жирными кислотами, составляющими около 73 % от общего количества жирных кислот. Причем большинство принадлежит линолевой (44,5–47,8 %) и олеиновой (23,7–28,8 %) кислотам [11, 12, 14].

Одними из наиболее важных элементов, содержащихся в амаранте, являются биологически активные соединения токоферолы и токотриенолы – в совокупности называемые витамином E. Общий уровень концентрации от 63,7 до 129,3 мг/кг. Основная функция данных соединений заключается в том, что они действуют как природные антиоксиданты. Содержание в зерне витамина E часто коррелирует с относительным содержанием ненасыщенных жирных кислот в целом [15].

Крахмал амаранта состоит из амилопектина (93,6–95,2 %). Гранулы крахмала имеют небольшой размер относительно крахмала других зерновых. Эти свойства придают крахмалу более высокую устойчивость к действию амилазы, а также высокую растворимость и усвояемость. Крахмал амаранта также имеет высокий гликемический индекс, что способствует более быстрому восстановлению после физической активности, присущей детскому организму [16, 17].

В амарантовой муке содержатся аскорбиновая кислота (23,6 мг/кг) и витамины группы B: B₃ (66,5 мг/кг), B₆ (7,6 мг/кг) и B₂ (4,9 мг/кг) [10].

В России имеется положительный опыт использования продуктов, содержащих амарант в питании детей с непереносимостью глютена. Больные переносили диету без каких-либо аллергических и диспепсических реакций, наблюдалось улучшение показателей нутритивного статуса пациентов, а также снижение психоэмоционального напряжения благодаря внесению в рацион дополнительного ассортимента продуктов [18].

Отсутствие глютена и высокие показатели содержания основных нутриентов, полноценного белка, насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, минеральных веществ, витаминов, а также биологически активных элементов делают амарант важным источником питания ребенка при непереносимости глютена.

Гречиха. В России гречиха по потреблению является второй после риса крупяной культурой. Это обусловлено сложившимися кулинарными традициями. По данным Росстата за последние 3 года средний валовой сбор гречихи составил около 1 млн т/год, что составляет более 35 % выработки от общего производства в мире. Важно отметить, что во многих странах ЕС гречиху не выращивают.

В настоящее время в промышленной практике российских предприятий гречневой мукой заменяют 10–20 % пшеничной муки в составе рецептур бисквитов, печенья, хлебобулочных изделий, а также кулинарной продукции. Из зерна гречихи традиционно получают муку для детского и диетического питания.

В последние десятилетия гречиха стала предметом интенсивных исследований во всем мире. Гречиха не содержит глютен, является хорошим источником растительного белка, обладает уникальными качествами, обусловленными наличием в ней ряда соединений с антиоксидантными свойствами, а также возможностью производить безглютеновые продукты с низким гликемическим индексом. Например, исследования мучных смесей с гречихой показало повышение антиоксидантной активности; потребление хлеба с добавлением гречневой муки приводило к снижению уровня глюкозы в крови и гипогликемии после приема пищи [19, 20]. Было исследовано влияние различного количества гречневой муки на качество безглютенового хлеба [21].

В процессе производства пропаренной гречневой крупы применяется процесс обработки зерна, включающий пропаривание с последующей сушкой и охлаждением, что приводит к ухудшению нутриентного состава крупы, в отличие от нативной, где основные нутриенты и витамины не затронуты тепловой обработкой. Мука, произведенная из непропаренной гречневой крупы, содержит больше витаминов (С, В₁, В₂, РР, Р и витамин Е), минеральных веществ и природных антиоксидантов, которые необходимы для организма человека. Гречневая мука содержит необходимые организму микроэлементы: железо, фосфор, медь, магний, калий, цинк и другие. Она характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью, богата клетчаткой и минеральными веществами. Продукты из гречихи особо ценны в диетическом отношении, т. к. содержат в своем составе незаменимые аминокислоты и трудноусвояемые углеводы. Применение муки из непропаренной гречневой крупы при производстве пищевых продуктов улучшает работу внутренних органов [22, 23].

По сравнению с другими злаковыми белки гречихи имеют высокую биологическую ценность из-за большого содержания лизина с аминокислотным коэффициентом усвояемости белков 99,45.

Гречневая крупа содержит 12,8 % белка, характеризующегося высоким содержанием (более

50 %) альбуминов глобулинов. Это наиболее ценные фракции, т. к. легко и полно усваиваются организмом человека благодаря воздействию ферментов ЖКТ. В гречневой крупе высокое содержание таких эссенциальных аминокислот, как лизин, изолейцин, валин, треонин, лейцин и фенилаланин. Белок гречихи также богат аргинином, аланином, серином, глицином, гистидином и аспарагиновой кислотой. Гречневая крупа содержит 68,8 % углеводов, в том числе крахмал – 55,4 %, пищевые волокна – 11,3 %, моно- и дисахариды – 2,1 %. Крахмал гречихи обладает высокой водопоглотительной способностью и набухаемостью. По содержанию пищевых волокон гречневая крупа занимает первое место среди всех видов крупы. В гречневой крупе содержится 3,3 % липидов, в котором 69 % составляют моно- и полиненасыщенные жирные кислоты: линолевая, линоленовая, олеиновая. Большую ценность представляют витаминный и минеральный комплекс гречневой крупы. Гречневая крупа отличается высоким содержанием витаминов В₁, В₂, В₆, РР, пантотеновой кислоты, фолатина, холина. Крупа содержит в больших количествах токоферол (витамин Е), который является антиоксидантом, защищающим ненасыщенные жирные кислоты от быстрого окисления и прогоркания. В ней также присутствуют биотин, β-каротин и рутин. В гречневой крупе содержится достаточное количество фосфора, магния, калия, цинка, марганца, меди, кремния, присутствует сера [20].

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований получены данные по содержанию основных пищевых веществ (белков, жиров, углеводов, а также зольности) в муке из амаранта, а также в муке из нативной гречневой крупы (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, амарантовая мука имеет высокое содержание белка (13,4 %), что соответствует данным других исследований, подтверждающих, что количество белка в зерне амаранта больше, чем в традиционных зерновых культурах, включая безглютеновые [11, 22, 23]. Кроме того, амарантовая мука содержит больше липидов, чем гречневая мука – 5,1 % против 3,6 % соответственно, а также имеет более высокую зольность (2,8 %) – показатель отражающий общее количество минеральных веществ в зерне. Зольность гречневой муки составила 1,4 %. Содержание углеводов у обоих образцов находится примерно на одном уровне 56–58 %.

Таблица 1. Химический состав муки из амаранта и непропаренной гречневой крупы

Table 1. Chemical composition of amaranth flour and natural buckwheat

№ п/п	Наименование продукта	Влажность, %	Белок, %	Липиды, %	Углеводы, %	Зольность, %
1	Амарантовая мука	7,8	13,4	5,1	58,3	2,8
2	Мука из нативной гречневой крупы	14,4	7,5	3,6	56,1	1,4

Таблица 2. Расчетное содержание основных пищевых веществ и энергетической ценности продуктов для питания детей старше трех лет с непереносимостью глютена, на 100 г готовой продукции

Table 2. Basic nutrients and energy value of foods for children older than three years of age with gluten intolerance, per 100 g of finished product

Наименование	Белок, г	Жиры, г	Угле-воды, г	Энергетическая ценность, ккал
Печенье свекольное (1:1)	9,39	6,28	38,07	217,62
Печенье клюквенное (1:2)	8,30	5,91	38,78	214,61
Кекс свекольный (1:1)	9,44	6,28	39,15	221,85
Кекс клюквенный (1:2)	8,41	5,92	40,08	219,64
Блинчики (1:1)	6,78	2,55	33,22	155,08
Блинчики (1:2)	7,21	2,85	32,00	157,30

На основании полученных данных произведен расчет пищевой и энергетической ценности 100 г готовой продукции, получаемой из смесей, сочетающих муку из нативной гречневой крупы и амарантовую муку, а также плодовоовощные и ягодные порошки, предназначенные для питания детей старше трех лет с непереносимостью глютена (табл. 2).

На основании содержания основных нутриентов и энергетической ценности в 100 г готовых изделий произведен расчет удовлетворения рекомендуемой суточной потребности (РСП) основных нутриентов для разработанных смесей печенья, кексов и блинчиков на примере их потребления детьми 6 лет (рис. 2).

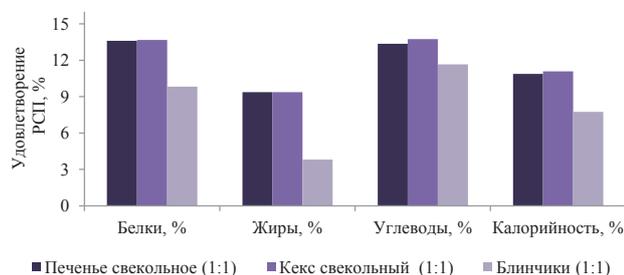


Рисунок 2. Удовлетворение РСП детского организма 6 лет в пищевых веществах и энергии при включении в рацион продукции с использованием безглютеновых смесей, % на порцию 50 г готовой продукции

Figure 2. Recommended daily intake of nutritional substances and energy for 6-year-old children on a gluten-free diet with gluten-free mixes, % per serving 50 g of finished product

Исходя из рисунка 2, ребенок в возрасте 6 лет с рекомендованной для данного возраста порцией свекольного кекса (50 г) удовлетворит суточную потребность в белке на 14 % от РСП, жире – 9 % от РСП, углеводах – 14 % от РСП и энергии – 11 % от РСП [5].

Согласно представленным данным специализированные сухие безглютеновые смеси, предназначенные для детей старше трех лет с непереносимостью глютена, могут служить важным источником белка (от 6,78 до 9,44 г на 100 г готовой продукции), жиров (от 2,55 до 6,28 г на 100 г готовой продукции), углеводов (от 32,00 до 40,08 г на 100 г готовой продукции), а также энергетической ценности (от 157,30 до 221,85 ккал на 100 г готовой продукции).

Выводы

Безглютеновые продукты из амаранта не распространены на Российском рынке, а продукты из гречихи традиционны для российского потребителя. Сочетание данных культур в специализированной безглютеновой продукции для детей старше трех лет позволит восполнить дефицит полноценного белка, макро- и микроэлементов, а также других биологически ценных соединений.

Амарантовая мука обладает высоким содержанием белка – 13,4 %. Значение содержания белка в муке из нативной гречневой крупы примерно в 2 раза ниже. Амарантовая мука содержит больше липидов (5,1 %), а также имеет более высокую зольность (2,8 %), в отличие от гречневой муки – 3,6 % и 1,4 % соответственно. Содержание углеводов у обоих образцов муки находится примерно на одном уровне – 56–58 %.

Результаты данного исследования подтвердили перспективу использования в качестве основных компонентов муку из гречихи и амаранта, которая обладает высокой питательной и биологической ценностью. Отсутствие глютена и высокие показатели содержания белка, аминокислот, насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, минеральных веществ, а также биологически активных элементов делают амарант и гречиху важным источником питания ребенка при непереносимости глютена.

Дальнейшие исследования будут посвящены разработке рецептов сухих безглютеновых смесей для детей старше трех лет из гречневой и амарантовой муки с добавлением плодовоовощных и ягодных порошков, исследованию содержания основных нутриентов, минеральных веществ и аминокислотного состава в получаемых сухих смесях.

Таким образом, разрабатываемые смеси с использованием амаранта, гречихи и плодовоовощных и ягодных порошков могут расширить ассортимент продукции, которая не содержит глютен, для детей старше трех лет с

непереносимостью глютена. С учетом пищевой ценности амаранта разработка специализированной продукции с его включением открывает новые перспективы для формирования безглютеновых рационов питания и будет способствовать расширению вкусового разнообразия и улучшению обеспеченности нутриентами больных целиакией и иными формами непереносимости глютена.

Критерии авторства

Все авторы ответственны за идеи исследования и внесли значительный вклад в концепцию и разработку исследования. С. А. Урубков участвовал в обработке и анализе данных, а также написании данной статьи. С. С. Хованская участвовала в составлении структуры и коррекции содержания статьи. С. О. Смирнов участвовал в коррекции содержания статьи, а также осуществлял общее руководство исследованиями.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность лаборатории

качества продуктов и аналитических методов исследования НИИПП и СПТ – филиал ФГБНУ «ФИЦ питания и биотехнологии» за проведение анализов.

Contribution

All the authors are responsible for the ideas behind the research and made a significant contribution to its concept and development. S.A. Urubkov processed and analyzed the data, as well as prepared the manuscript. S.S. Khovanskaya designed the structure of the article and improved the content. S.O. Smirnov supervised the project and completed the manuscript.

Conflict of interest

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

Acknowledgements

The authors would like to express their sincere gratitude to the laboratory of food quality and analytical research methods of the Research Institute of Food Concentrate Industry and Special Food Technology of the Federal Research Center for Nutrition and Biotechnology (Moscow).

Список литературы

1. Всероссийский консенсус по диагностике и лечению целиакии у детей и взрослых / А. И. Парфенов, И. В. Маев, А. А. Баранов [и др.] // Альманах клинической медицины. – 2016. – Т. 44, № 6. – С. 661–668. DOI: <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2016-44-6-661-688>.
2. Increased prevalence and mortality in undiagnosed celiac disease / A. Rubio-Tapia, R. A. Kyle, E. L. Kaplan [et al.] // Gastroenterology. – 2009. – Vol. 137, № 1. – P. 88–93. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.03.059>.
3. Бельмер, С. В. Эпидемиология целиакии: факты и выводы / С. В. Бельмер // Лечащий врач. – 2013. – № 1. – С. 16–19.
4. Журавская, Н. В. Целиакия у детей / Н. В. Журавская, А. И. Петрова, Н. В. Туркина // Медицинская сестра. – 2005. – № 6. – С. 4–6.
5. Тутельян, В. А. Детское питание: руководство для врачей / В. А. Тутельян, И. Я. Конь. – М. : Медицинское информационное агентство, 2017. – 782 с.
6. Grain-based products for baby food / S. A. Urubkov, S. S. Khovanskaya, N. V. Dremina [и др.] // Вопросы детской диетологии. – 2018. – Т. 16, № 4. – С. 67–72.
7. Урубков, С. А. Исследование содержания основных макронутриентов в безглютеновых зерновых культурах и продуктах их переработки / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2019. – Т. 81, № 2 (80). – С. 102–107. DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-102-107>.
8. Егорова, Е. Ю. Разработка пищевого концентрата – полуфабриката безглютеновых кексов с амарантовой мукой / Е. Ю. Егорова, И. Ю. Резниченко // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 36–45. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>.
9. Егорова, Е. Ю. Разработка рецептур сухих смесей с амарантовой и кунжутной мукой для изготовления безглютеновых оладий / Е. Ю. Егорова, Л. А. Козубаева // Хлебопродукты. – 2018. – № 2. – С. 40–42.
10. Emerging opportunities in exploring the nutritional/functional value of amaranth / L. M. Coelho, P. M. Silva, J. T. Martins [et al.] // Food and Function. – 2018. – Vol. 9, № 11. – P. 5499–5512 DOI: <https://doi.org/10.1039/c8fo01422a>.
11. Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) / A. Martinez-Lopez, M. C. Millan-Linares, N. M. Rodriguez-Martin [et al.] // Journal of Functional Foods. – 2020. – Vol. 65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>.
12. Burgos, V. E. Characterization and nutritional value of precooked products of kiwicha seeds (*Amaranthus caudatus*) / V. E. Burgos, M. Armada // Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 35, № 3. – P. 531–538. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6767>.

13. Chauhan, A. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour / A. Chauhan, D. C. Saxena, S. Singh // LWT – Food Science and Technology. – 2015. – Vol. 63, № 2. – P. 939–945. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>.
14. Tapia-Blacido, D. Development and characterization of biofilms based on Amaranth flour (*Amaranthus caudatus*) / D. Tapia-Blacido, P. J. Sobral, F. C. Menegalli // Journal of Food Engineering. – 2005. – Vol. 67, № 1–2. – P. 215–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.054>.
15. Rapid techniques for the extraction of vitamin E isomers from *Amaranthus caudatus* seeds: ultrasonic and supercritical fluid extraction / R. Bruni, A. Guerrini, S. Scalia [et al.] // Phytochemical Analysis. – 2002. – Vol. 13, № 5. – P. 257–261. DOI: <https://doi.org/10.1002/pca.651>.
16. Venskutonis, P. R. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses / P. R. Venskutonis, P. Kraujalis // Comprehensio Review in Food Science and Food Safety. – 2013. – Vol. 12, № 4. – P. 381–412. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>.
17. Урубков, С. А. Сравнительный анализ гликемического индекса амаранта и других продуктов без глютена / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 629–634. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-629-634>.
18. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена / И. А. Бавыкина, А. А. Звягин, Л. А. Мирошниченко [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 2. – С. 91–99. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00038>.
19. Antioxidant activity of tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) and common (*Fagopyrum esculentum* moench) buckwheat sprouts / C.-L. Liu, Y.-S. Chen, J.-H. Yang [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2008. – Vol. 56, № 1. – P. 173–178. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf072347s>.
20. Beitane, I. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) flour: Composition and technological properties / I. Beitane // Buckwheat: Composition, production and uses / F. George. – Nova Science Publishers, 2018. – P. 1–30.
21. Wronkowska, M. Effect of starch substitution by buckwheat flour on gluten-free bread quality / M. Wronkowska, M. Haros, M. Soral-Śmietana // Food and Bioprocess Technology. – 2013. – Vol. 6, № 7. – P. 1820–1827. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0839-0>.
22. Марьин, В. А. Оценка потребительских свойств и морфология поверхности гречневой крупы ядрица различных цветовых оттенков / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, И. Г. Фомина // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – Т. 31, № 4. – С. 59–63.
23. Высочина, Г. И. Амарант (*Amaranthus* L.): химический состав и перспективы использования (обзор) / Г. И. Высочина // Химия растительного сырья. – 2013. – № 2. – С. 5–14. DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005>.
24. Protein content and amino acids profile of pseudocereals / C. Mota, M. Santos, R. Mauro [et al.] // Food Chemistry. – 2016. – Vol. 193. – P. 55–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043>.

References

1. Parfenov AI, Maev IV, Baranov AA, Bakulin IG, Sabel'nikova EA, Krums LM, et al. The Russian consensus on diagnosis and treatment of coeliac disease in children and adults. Almanac of Clinical Medicine. 2016;44(6):661–668. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18786/2072-0505-2016-44-6-661-688>.
2. Rubio-Tapia A, Kyle RA, Kaplan EL, Johnson DR, Page W, Erdtmann F, et al. Increased prevalence and mortality in undiagnosed celiac disease. Gastroenterology. 2009;137(1):88–93. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2009.03.059>.
3. Bel'mer SV. Ehpideologiya tseliakii: fakty i vyvody [Epidemiology of celiac disease: facts and conclusions]. Lechaschi Vrach. 2013;(1):16–19. (In Russ.).
4. Zhuravskaya NV, Petrova AI, Turkina NV. Tseliakiya u detey [Celiac disease in children]. Meditsinskaya sestra. 2005;(6):4–6. (In Russ.).
5. Tutel'yan VA, Kon' IYa. Detskoe pitanie: rukovodstvo dlya vrachej [Children's food: a doctors' guide]. Moscow: Medical News Agency; 2017. 782 p. (In Russ.).
6. Urubkov SA, Khovanskaya SS, Dremina NV, Smirnov SO. Grain-based products for baby food. Pediatric Nutrition. 2018;16(4):67–72.
7. Urubkov SA, Khovanskaya SS, Smirnov SO. Study of the content of the main macronutrients in gluten-free crops and products of their processing. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2019;81(2)(80):102–107. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-102-107>.
8. Egorova EYu, Reznichenko IYu. Development of food concentrate – semi-finished product with amaranth flour for gluten-free cupcakes. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(2):36–45. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-36-45>.
9. Egorova EYu, Kozubayeva LA. Formulation of dry mix with amaranth and sesame flour for making gluten-free pancakes. Bread products. 2018;(2):40–42. (In Russ.).

10. Coelho LM, Silva PM, Martins JT, Pinheiro AC, Vicente AA. Emerging opportunities in exploring the nutritional/functional value of amaranth. *Food and Function*. 2018;9(11):5499–5512. DOI: <https://doi.org/10.1039/c8fo01422a>.
11. Martinez-Lopez A, Millan-Linares MC, Rodriguez-Martin NM, Millan F, Montserrat-de la Paz S. Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.). *Journal of Functional Foods*. 2020;65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735>.
12. Burgos VE, Armada M. Characterization and nutritional value of precooked products of kiwicha seeds (*Amaranthus caudatus*). *Food Science and Technology*. 2015;35(3):531–538. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6767>.
13. Chauhan A, Saxena DC, Singh S. Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour. *LWT – Food Science and Technology*. 2015;63(2):939–945. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.115>.
14. Tapia-Blacido D, Sobral PJ, Menegalli FC. Development and characterization of biofilms based on Amaranth flour (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Food Engineering*. 2005;67(1–2):215–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.054>.
15. Bruni R, Guerrini A, Scalia S, Romagnoli C, Sacchetti G. Rapid techniques for the extraction of vitamin E isomers from *Amaranthus caudatus* seeds: ultrasonic and supercritical fluid extraction. *Phytochemical Analysis*. 2002;13(5):257–261. DOI: <https://doi.org/10.1002/pca.651>.
16. Venskutonis PR, Kraujalis P. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables: a review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*. 2013;12(4):381–412. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12021>.
17. Urubkov SA, Khovanskaya SS, Smirnov SO. Comparative analysis of the glycemic index of amaranth and other gluten-free products. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(4):629–634. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-629-634>.
18. Bavykina IA, Zvyagin AA, Miroshnichenko LA, Gusev KYu, Zharkova IM. Efficient products from amaranth in a gluten-free nutrition of children with gluten intolerance. *Problems of Nutrition*. 2017;86(2):91–99. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00038>.
19. Liu C-L, Chen Y-S, Yang J-H, Chiang B-H. Antioxidant activity of tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) and common (*Fagopyrum esculentum* Moench) buckwheat sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008;56(1):173–178. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf072347s>.
20. Beitane I. Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* M.) flour: Composition and technological properties. In: George F, editor. *Buckwheat: Composition, production and uses*. Nova Science Publishers; 2018. pp. 1–30.
21. Wronkowska M, Haros M, Soral-Śmietana M. Effect of starch substitution by buckwheat flour on gluten-free bread quality. *Food and Bioprocess Technology*. 2013;6(7):1820–1827. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0839-0>.
22. Maryin VA, Vereshchagin AL, Fomina IG. Estimation of consumer properties and surface morphology of the unground buckwheat of different colors. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2013;31(4):59–63. (In Russ.).
23. Vysochina GI. Amaranth (*Amaranthus* L.): chemical composition and prospects of using (review). *Chemistry of plant raw material*. 2013;(2):5–14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14258/jcprm.1302005>.
24. Mota C, Santos M, Mauro R, Samman N, Matos AS, Torres D, et al. Protein content and amino acids profile of pseudocereals. *Food Chemistry*. 2016;193:55–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.043>.

Сведения об авторах

Урубков Сергей Александрович

канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела детского и диетического питания, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-58-74, e-mail: glen.vniiz@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-2292-8649>

Хованская Светлана Сергеевна

канд. техн. наук, заведующая отделом детского и диетического питания, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-58-74, e-mail: khosveserg@yandex.ru

Information about the authors

Sergey A. Urubkov

Cand.Sci.(Eng.), Senior research of the Department of Children's and Dietary Nutrition, "NII PP I SPT" – branch of FGBUN "FRC of Nutrition and Biotechnology", 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-58-74, e-mail: glen.vniiz@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0002-2292-8649>

Svetlana S. Khovanskaya

Cand.Sci.(Eng.), Head of the Department of Children's and Dietary Nutrition, "NII PP I SPT" – branch of FGBUN "FRC of Nutrition and Biotechnology", 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-58-74, e-mail: khosveserg@yandex.ru

Смирнов Станислав Олегович

канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе, «НИИ ПП и СПТ» – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, пос. Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-58-74, e-mail: sts_76@bk.ru

Stanislav O. Smirnov

Cand.Sci.(Eng.), Deputy Director for Scientific Work, “НИИ ПП и СПТ” – branch of FGBUN “FRC of Nutrition and Biotechnology”, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-58-74, e-mail: sts_76@bk.ru

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-242-251>
УДК 664.69

Оригинальная статья
<http://fptt.ru/>

Содержание селена в макаронных изделиях на основе полбяной и гречневой муки, а также овощных порошков

О. Ф. Фазуллина*, С. М. Пономарева, С. О. Смирнов, Л. И. Семенова



ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН,
142718, Россия, Московская область, Ленинский район,
пос. Измайлово, 22

Дата поступления в редакцию: 27.03.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

*e-mail: olfazullina@yandex.ru



© О. Ф. Фазуллина, С. М. Пономарева, С. О. Смирнов, Л. И. Семенова, 2020

Аннотация.

Введение. Селен относится к микроэлементам, который участвует в работе антиоксидантной системы защиты организма человека и обладает иммуномодулирующим действием. В организме человека селен входит в состав 30 биологически активных соединений. Дефицит селена считается глобальной проблемой. Целью данного исследования являлось определение содержания селена в разработанных макаронных изделиях.

Объекты и методы исследования. Лабораторные образцы макаронных изделий из смеси цельнозерновой полбяной муки с добавлением гречневой муки и порошков низкотемпературной сушки брокколи и сельдерея. Определение содержания селена выполнено методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией с модификатором матрицы палладий азотнокислый на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi 180-80. Определение содержания селена выполнено после мокрой минерализации образцов в азотной и хлорной кислотах с добавлением перекиси водорода и этанола для перевода селена из неорганических и органических форм в селенит-ион.

Результаты и их обсуждение. Установлено, что применяемые компоненты являются богатым источником селена. Поэтому их можно использовать в рецептурах продуктов с функциональной направленностью. Содержание селена в образцах составило от $105,7 \pm 22$ мкг/кг до $302,5 \pm 17$ мкг/кг. С учетом потерь селена при варке макаронных изделий содержание селена в 100 г продукта составило 13,5–38,5 %.

Выводы. Разработанные макаронные изделия являются источниками селена. Использование гречневой муки и овощных порошков в рецептуре макаронного теста из цельнозерновой полбяной муки повысило содержание селена в макаронных изделиях на 40,7–186,2 %. Полученные в данном исследовании результаты могут использоваться для таблиц химического состава российских продуктов питания.

Ключевые слова. Селен, макаронные изделия, полба, гречка, сельдерей, брокколи

Финансирование. Исследование выполнено в рамках Программы Фундаментальных научных исследований государственных академий наук (тема № 0529-2019-0065 «Разработка и оценка эффективности новых инновационных пищевых концентратов и продуктов диетического профилактического питания для спецконтингентов»).

Для цитирования: Содержание селена в макаронных изделиях на основе полбяной и гречневой муки, а также овощных порошков / О. Ф. Фазуллина, С. М. Пономарева, С. О. Смирнов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 242–251. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-242-251>.

Original article

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

Selenium Content in Spelt, Buckwheat, and Vegetable Pasta

O.F. Fazullina*, S.M. Ponomareva, S.O. Smirnov, L.I. Semenova

V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems
of Russian Academy of Sciences,

22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia

Received: March 27, 2020
Accepted: May 29, 2020

*e-mail: olfazullina@yandex.ru



© O.F. Fazullina, S.M. Ponomareva, S.O. Smirnov, L.I. Semenova, 2020

Abstract.

Introduction. As a trace element, selenium is present in humans as part of selenoproteins. It improves the work of the antioxidant defense system and produces a strong immunomodulatory effect. Selenium is part of about 30 biologically active compounds of human body. However, selenium deficiency is considered a global problem. The research objective was to determine the selenium content in the developed pasta products.

Study objects and methods. The study featured laboratory samples of pasta made from a mix of whole wheat spelt flour, buckwheat, and low-temperature drying powders of broccoli and celery. The selenium content was determined by atomic absorption spectroscopy with electrothermal atomization with a palladium nitric acid matrix modifier. The experiment employed a Hitachi 180-80 atomic absorption spectrophotometer. To determine the selenium content, the samples underwent wet mineralization in nitric and perchloric acids. Adding hydrogen peroxide and ethanol made it possible to convert selenium from inorganic and organic forms into selenite ions.

Results and discussion. The research involved domestic natural raw materials. The components proved to be good sources of selenium, which means that they can be used to produce functional products. The selenium content ranged from 105.7 ± 22 mkg/kg to 302.5 ± 17 mkg/kg in the samples. Taking into account the loss of selenium during cooking, the selenium content in 100 g of the finished product ranged from 13.5% to 38.5 %.

Conclusion. The developed pasta products proved excellent sources of selenium. The use of buckwheat flour and vegetable powders in the formulation of wholegrain spelt dough increased the selenium content in the pasta by 40.7–186.2 %. The obtained results can be used for tables of the chemical composition of Russian food products.

Keywords. Selenium, pasta, spelt, buckwheat, celery, broccoli

Funding. The present research was part of the Fundamental Scientific Research Program of the State Academies of Sciences, research topic No. 0529-2019-0065 “Development and evaluation of the effectiveness of new innovative food concentrates and dietary preventive nutrition products for prison population”.

For citation: Fazullina OF, Ponomareva SM, Smirnov SO, Semenova LI. Selenium Content in Spelt, Buckwheat, and Vegetable Pasta. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020;50(2):242–251. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-242-251>.

Введение

Питание человека определяет показатели его здоровья и качество жизни в целом. Для обеспечения населения качественными пищевыми продуктами приняты меры на государственном уровне. Они направлены на улучшение структуры потребления продуктов питания и расширение ассортимента продуктов массового потребления с повышенной пищевой и биологической ценностью в целях преодоления дефицита основных пищевых веществ и соответствия современным требованиям здорового питания.

«Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания» предлагают состав рациона питания населения РФ. В него должны включаться продукты, обеспечивающие поступление в организм необходимых пищевых веществ, в соответствии с рекомендуемыми нормами потребления, в целях укрепления здоровья населения и профилактики дефицитных по нутриентам состояний.

Структура потребления продуктов питания населением России за последнее двадцатилетие изменилась: увеличилось потребление всех продуктов питания. Исключение составили картофель и хлебопродукты (рис. 1) [1].

Учитывая данные анализа (рис. 1), потребление хлебопродуктов, картофеля и сахара за все периоды превышало рекомендуемые нормы [1].

Рацион питания населения состоит из хлебобулочных и кондитерских изделий, несмотря на достаточное количество молочных продуктов, морепродуктов, овощей и фруктов [1, 2]. Исследования доказали, что пищевые привычки связаны с культурой питания населения [1, 2]. Поэтому необходимо повышение уровня

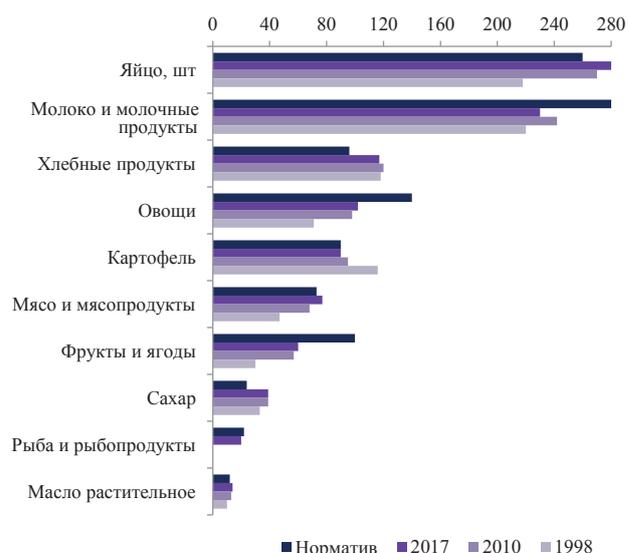


Рисунок 1. Динамика потребления продуктов питания населением России [1]

Figure 1. Dynamics of food consumption in Russia [1]

осведомленности населения о правильном питании. Выбор в пользу здоровой пищи способствует профилактике алиментарно-зависимых заболеваний и укреплению здоровья населения [3–5].

Изучение пищевого статуса населения Российской Федерации показывает избыточность простых углеводов, низкую обеспеченность витаминами, минеральными веществами и антиоксидантами [1, 2]. Такое питание увеличивает риски развития социально значимых заболеваний, таких как сердечно-сосудистые и онкологические, сахарный диабет, метаболический синдром, избыточную массу тела и ожирение [3, 4].

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) число людей с избыточной массой тела и ожирением постоянно растет во всех возрастных группах населения всех стран. В развивающихся странах эти показатели на 30 % выше, чем в развитых странах. Наблюдается устойчивая тенденция к увеличению численности населения с избыточной массой тела и ожирением [6].

Ожирение увеличивает частоту возникновения таких заболеваний, как атеросклероз, диабет, гипертония, и усугубляет течение имеющихся заболеваний. Повышенный уровень системного окислительного стресса, который наблюдается при ожирении, способствует развитию связанных с ожирением заболеваний. Ожирение характеризуется состоянием хронического воспаления, которое ассоциируется с анемией при хронических заболеваниях [6]. Недостаточный селеновый статус ухудшает функциональность железа в организме и увеличивает риски развития анемии [6, 7]. Из-за системного окислительного стресса и хронического воспаления при ожирении увеличивается потребность организма в антиоксидантах, таких как селен (Se).

Биологическая активность селена связана с селензависимыми белками и их участием в окислительно-восстановительных реакциях. Глутатион-пероксидаза выполняет основную защитную функцию при возникновении оксидантного стресса. Исследования показали, что селенопротеины могут способствовать уменьшению воспаления в жировой ткани [7, 8].

Избыточное свободнорадикальное окисление в организме человека является причиной многих заболеваний, поэтому важно достаточное содержание антиоксидантов в продуктах питания. Однако в многочисленных исследованиях показано, что в продуктах питания наблюдается выраженная недостаточность антиоксидантов [1–3, 6]. Именно такая ситуация сложилась с одним из основных компонентов системы антиоксидантной защиты – эссенциальным микроэлементом селеном. По данным исследований «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», обеспеченность этим микроэлементом у более 80 % населения РФ ниже оптимального уровня (рис. 2) [9].



Рисунок 2. Зарегистрированные случаи селенодефицита в России [9]

Figure 2. Reported cases of selenium deficiency in Russia [9]

Как видно из рисунка 2, селенодефицит характерен для многих регионов России.

Изучением влияния форм селена и его оптимальных доз на состояние здоровья населения занимаются российские и зарубежные ученые [9–18]. Дефицит селена считается глобальной проблемой [19].

Селен относится к микроэлементам, которые определяются в микродозах в составе селенопротеинов всех организмов. Селен участвует в работе антиоксидантной системы и обладает иммуномодулирующим действием [7–9, 20–22]. В организме человека селен входит в состав порядка 30 биологически активных соединений (ферменты антиоксидантной системы, гормоны, липиды), участвует в метаболизме нуклеиновых кислот и регуляции действия тиреоидных гормонов [7–9]. Селен имеет важное значение для нормальной работы иммунной и антиоксидантной систем организма, защищающих от неблагоприятного воздействия окружающей среды, т. к. является необходимым компонентом системы, регулирующей количество свободных радикалов, которые образуются в организме физиологически, а также в результате патологических процессов [9, 23].

Очевидно, что дефицит селена вызовет нарушение работы антиоксидантной системы и повреждение клеток организма свободными радикалами. Недостаточность селена может провоцировать патологию разных органов и систем, вызывать злокачественные заболевания [9, 23, 24]. Дефицит Se приводит к болезни Кашина-Бека (остеоартроз с множественной деформацией суставов, позвоночника и конечностей), болезни Кешана (эндемическая миокардиопатия), анемии, наследственной тромбастении [9, 25].

Уровень среднесуточного потребления селена населением разных стран отличается и может быть от 10 мкг/день в селенодефицитных районах до

Таблица 1. Уровни среднесуточного потребления населением селена в ряде стран [9, 17, 20, 26]

Table 1. Average daily consumption of selenium in various countries [9, 17, 20, 26]

Страна	Среднесуточное потребление селена, мкг/сут
Китай	7–4990
Новая Зеландия	30–80
Финляндия	30–100
Россия	54–80
Великобритания	50–120
Германия	60–150
США	60–220
Канада	80–224
Венесуэла	200–350
Испания	38–112

почти 5000 мкг/день в районах с зарегистрированным селенозом (табл. 1) [9, 17, 20, 26].

Анализируя данные таблицы 1, можно отметить значительные различия в показателях среднесуточного потребления селена населением каждой из стран – от селенодефицита до выраженного селеноза. Специалисты объясняют такую картину геохимической неоднородностью территорий, а также антропогенными причинами [9, 17, 20, 26].

В России средние уровни потребления селена составляют 28–110 мкг/сут. Установленные уровни потребности 30–75 мкг/сут. Верхний допустимый уровень потребления 300 мкг/сут. Избыточность селена так же опасна, как и его дефицит. Превышение уровня потребления селена может вызвать отравление. Доза 900 мкг/сут определена как токсичная. Физиологическая потребность для взрослых – 55 мкг/сут для женщин и 70 мкг/сут для мужчин. По рекомендациям ВОЗ среднесуточная потребность в селене составляет 70–100 мкг. Это согласуется с российскими методическими рекомендациями МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации», в которых указано количество потребления селена – 55–70 мкг/сут.

Программы профилактики селенодефицита у населения в регионах с низкой естественной концентрацией селена (Китай, Новая Зеландия, Финляндия) путем обогащения продуктов питания доказывает необходимость мониторинга содержания селена в продуктах питания массового потребления. Доведение содержания селена до достаточного уровня улучшило показатели здоровья населения этих стран, снизив заболеваемость и смертность от сердечно-сосудистых, онкологических и эндокринных заболеваний [9, 13–15, 17, 19, 20, 26].

Учитывая биологически значимую роль макро- и микроэлементов в обеспечении нормальной жизнедеятельности живых организмов, исследования

химического состава пищевых продуктов имеет большое значение [3, 10]. Устранение дефицита эссенциальных элементов, в том числе селена, в продуктах питания возможно с помощью использования экологически безопасных нетрадиционных видов растительного сырья в производстве традиционных продуктов массового потребления. Такое сырье позволит обогатить продукцию необходимыми нутриентами, в соответствии с уровнями физиологических потребностей организма, что является актуальной задачей для всех стран. Исследования в этом направлении проводятся как в России, так и за рубежом [3–5, 10, 11, 27–32].

Разработка и производство сбалансированных по химическому составу продуктов питания с оптимальной калорийностью, повышенным содержанием белка, пищевых волокон, минеральных веществ, витаминов, полифенолов и других физиологически активных веществ, удобных в использовании и имеющих диетическое лечебное и диетическое профилактическое назначение, является перспективным направлением в пищевой промышленности [3, 5, 11, 33]. Производство продуктов массового потребления с использованием нетрадиционного растительного сырья в качестве обогащающей добавки или основного сырья поможет значительно улучшить пищевую и биологическую ценность продуктов питания и решить проблему дефицита по ряду нутриентов, в том числе селена.

Макаронные изделия относятся к одним из наиболее популярных продуктов питания у населения. Они удобны в использовании, имеют большой срок хранения и могут сочетаться с другими продуктами [33]. Сотрудниками НИИ ПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» разработаны макаронные изделия из цельнозерновой полбяной муки с добавлением гречневой муки и овощных порошков для диетического лечебного и диетического профилактического питания при избыточной массе тела или ожирении, а также для широкого круга потребителей [34]. Исследования данных качества сухих макаронных изделий показали содержание в 100 г продукта 14,5–17,6% от суточной потребности белка и 38,9–41,7% от суточной потребности пищевых волокон. Они позволяют отнести макаронные изделия к группе функциональных продуктов, являющихся источниками белка и пищевых волокон [35]. Учитывая, что продукты разрабатывались для диетического лечебного и диетического профилактического питания при избыточной массе тела или ожирении, было запланировано исследование содержания в них селена как эссенциального микроэлемента с высокой физиологической значимостью.

Таким образом, целью работы являлось определение содержания селена в образцах

Таблица 2. Рецептурный состав лабораторных образцов макаронных изделий

Table 2. Formulation for laboratory pasta samples

№	Рецептурный состав, г/100 г
1	Мука цельнозерновая полбяная – 94, соевая клетчатка – 3, яичный порошок – 3
2	Мука цельнозерновая полбяная – 60, мука гречневая – 34, соевая клетчатка – 3, яичный порошок – 3
3	Мука цельнозерновая полбяная – 88, порошок брокколи – 6, соевая клетчатка – 3, яичный порошок – 3
4	Мука цельнозерновая полбяная – 88, порошок сельдерея – 6, соевая клетчатка – 3, яичный порошок – 3

разработанных продуктов для диетического лечебного и диетического профилактического питания при избыточной массе тела или ожирении – макаронных изделий из цельнозерновой полбяной муки с добавлением гречневой муки и овощных порошков (брокколи и сельдерея).

Объекты и методы исследования

Исследовали содержание селена в лабораторных образцах макаронных изделий. В работе использовались мука полбяная цельнозерновая (ООО «Гарнец», Россия, по ТУ 9293-014-89751414-11), мука гречневая (ООО «Гарнец», Россия, по ТУ 9293-002-43175543-03), овощные порошки (брокколи, сельдерея) низкотемпературной сушки («GreenFood Organic», Россия), соевая клетчатка (Россия), яичный порошок (Россия), лабораторные образцы макаронных изделий.

Исследования выполнены в лаборатории качества пищевых продуктов и аналитических методов исследования НИИ ПП и СПТ – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи». Лабораторные образцы макаронных изделий изготовлены на лабораторном макаронном прессе Sandore (модель Sandorina, Италия) по традиционной

технологии. Состав разработанных макаронных изделий представлен в таблице 2.

Определение содержания селена в образцах выполняли методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией с модификатором матрицы палладий азотнокислый на атомно-абсорбционном спектрофотометре Hitachi 180-80 по ГОСТ Р 56372-2015. Определение содержания селена выполнено после мокрой минерализации образцов в азотной и хлорной кислотах с добавлением перекиси водорода и этанола для перевода селена из неорганических и органических форм в селенит-ион. Анализы проведены в трехкратной повторности.

Результаты и их обсуждение

Исследовали четыре образца макаронных изделий из цельнозерновой полбяной муки с добавлением гречневой муки и овощных порошков. Образцы макаронных изделий для исследований изготовлены на лабораторном макаронном прессе Sandore (модель Sandorina, Италия) по традиционной технологии (рис. 3).

В результате проведенных исследований получены данные о содержании селена в образцах (табл. 3). Обеспечение суточной потребности в селене при употреблении порции макаронных изделий (100 г) рассчитано с учетом потерь селена при варке 30 % [36, 37].

Согласно полученным данным (табл. 3) в образце № 1 из цельнозерновой полбяной муки содержится минимальное количество селена – $105,7 \pm 22$ мкг/кг. Максимальное содержание селена определено в образце № 2 из смеси муки цельнозерновой полбяной и гречневой – $302,5 \pm 17$ мкг/кг, что на 186,2 % или почти в три раза превышает значения содержания селена в изделиях с использованием только муки цельнозерновой полбяной. На результаты повлияло высокое содержание селена в гречневой муке.



Рисунок 3. Лабораторные образцы 1–4 макаронных изделий

Figure 3. Pasta laboratory samples 1–4

Таблица 3. Содержание селена в образцах

Table 3. Selenium content in samples

№ п/п	Исследуемые образцы	Содержание селена, мкг/кг	Обеспечение суточной потребности при употреблении порции 100 г, %
1	Макаронные изделия из муки цельнозерновой полбяной	105,7 ± 22	13,5
2	Макаронные изделия из муки цельнозерновой полбяной и гречневой	302,5 ± 17	38,5
3	Макаронные изделия из муки цельнозерновой полбяной и брокколи	194,1 ± 21	24,7
4	Макаронные изделия из муки цельнозерновой полбяной и сельдерея	148,7 ± 15	18,9

Добавление в макаронное тесто овощных порошков (брокколи и сельдерея) оказало существенное влияние на содержание селена. В сравнении с образцом № 1 при добавлении порошка брокколи содержание селена увеличилось на 83,6 %, при добавлении порошка сельдерея – на 40,7 %.

Таким образом, все добавки (гречневая мука и овощные порошки) оказали значительное влияние на содержание селена в макаронных изделиях из цельнозерновой полбяной муки, увеличив показатели на 40,7–186,2 %.

Порядка 30 % селена теряется при варке макаронных изделий [36, 37]. С учетом потерь потребление порции разработанных макаронных изделий (100 г) обеспечивает суточную потребность в Se на 13,5–38,5 %. Это позволяет отнести разработанный продукт к функциональным продуктам как источник селена.

Выводы

Зерновые культуры являются одними из основных источников селена. Пищевая продукция на основе зерновых относится к наиболее потребляемой во всем мире.

Расширение ассортимента продуктов массового потребления с повышенной пищевой и биологической ценностью, в том числе с использованием нетрадиционных видов сырья, является актуальной задачей, решение которой будет способствовать преодолению дефицита нутриентов и улучшению показателей здоровья населения. В этой связи исследование содержания селена в разработанных функциональных продуктах для диетического лечебного и диетического профилактического питания при избыточной массе тела или ожирении являлось важным и запланированным этапом.

Для изучения содержания селена исследованы образцы макаронных изделий, изготовленные из натурального сырья отечественного производства. Разработанные макаронные изделия в разной мере являются источниками селена, что позволяет отнести их к функциональным продуктам питания. Использование дополнительно гречневой муки и овощных порошков в рецептуре макаронного теста

повысило содержание селена в сухих макаронных изделиях на 40,7–186,2 %. С учетом потерь селена при варке макаронных изделий содержание Se в 100 г продукта составило 13,5–38,5 %. Полученные значения содержания селена соответствуют отечественным методическим рекомендациям МР 2.3.1.2432-08 и рекомендациям ВОЗ о потреблении этого эссенциального микроэлемента.

Полученные в данном исследовании результаты могут использоваться для таблиц химического состава российских продуктов питания.

Исследования по теме НИР будут продолжены.

Критерии авторства

Все авторы внесли равный вклад в исследование и несут равную ответственность за информацию, опубликованную в данной статье.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководителю Центра реологии пищевых сред НИИ хлебопекарной промышленности, д.т.н., профессору В. Я. Черных и зав. лабораторией С. А. Смирновой за помощь в проведении исследований.

Contribution

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

Conflict of interest

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

Acknowledgments

The authors are grateful to Professor V. Ya. Chernykh, Doctor of Technical Sciences, Head of the Center for Food Rheology, Scientific Research Institute of the Bakery Industry, and S. A. Smirnova, Head of the Laboratory, for their assistance in conducting research.

Список литературы

1. Ярыгина, Л. В. Статистический анализ потребления продуктов питания населением России / Л. В. Ярыгина // Социальные и экономические системы. – 2019. – Т. 12, № 6. – С. 123–136.
2. Литвинова, О. С. Структура питания населения Российской Федерации. Гигиеническая оценка / О. С. Литвинова // Здоровье населения и среда обитания. – 2016. – Т. 278, № 5. – С. 11–14.
3. Specialised hypocholesteremic foods: Ingredients, technology, effects / V. M. Vorobyeva, I. S. Vorobyeva, A. A. Kochetkova [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2020. – Vol. 8, № 1. – P. 20–29. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-20-29>.
4. Разработка рецептуры и медико-биологическая оценка хлебобулочных изделий с добавкой нетрадиционного растительного сырья / В. С. Куценкова, Н. В. Неповинных, Н. П. Лямина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-23-31>.
5. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания / Е. В. Невская, И. А. Тюрина, О. Е. Тюрина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 531–544. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>.
6. Дворецкий, Л. И. Ожирение и железодефицит. Еще одна коморбидность? / Л. И. Дворецкий, О. В. Ивлева // Архив внутренней медицины. – 2015. – Т. 25, № 5. – С. 9–16.
7. Relationship between selenium and hematological markers in young adults with normal weight or overweight/obesity / D. Y. Larvie, J. L. Doherty, G. L. Donati [et al.] // Antioxidants. – 2019. – Vol. 8, № 10. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8100463>.
8. Hariharan, S. Selenium and selenoproteins: it's role in regulation of inflammation / S. Hariharan, S. Dharmaraj // Inflammopharmacology. – 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-020-00690-x>.
9. Голубкина, Н. А. Внутрорегиональная вариабельность селенового статуса населения / Н. А. Голубкина, А. В. Синдирева, В. Ф. Зайцев // Юг России: экология, развитие. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 107–127. DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-107-127>.
10. Содержание селена в безглютеновых зерновых культурах / С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. М. Пономарева [и др.] // Ползуновский вестник. – 2019. – № 4. – С. 63–67. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.014>.
11. Наумова, Н. Л. Антиоксидантная активность селенсодержащих булочных изделий / Н. Л. Наумова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 37, № 2. – С. 29–34.
12. Голубкина, Н. А. Селен в продуктах растительного происхождения / Н. А. Голубкина, П. А. Полубояринов, А. В. Синдирева // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 2. – С. 63–69.
13. Urine selenium concentration is a useful biomarker for assessing population level selenium status / F. P. Phiri, E. L. Ander, R. M. Lark [et al.] // Environment International. – 2020. – Vol. 134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105218>.
14. Significant decrease of von Willebrand factor and plasminogen activator inhibitor-1 by providing supplementation with selenium and coenzyme Q10 to an elderly population with a low selenium status / U. Alehagen, J. Alexander, J. Aaseth [et al.] // European Journal of Nutrition. – 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02193-5>.
15. Selenium species in selenium-enriched malt / D. Revenco, M. Vomáčková, L. Jelínek [et al.] // Kvasny Prumysl. – 2019. – Vol. 65, № 4. – P. 134–141. DOI: <https://doi.org/10.18832/kp2019.65.134>.
16. Dietary selenium deficiency or selenomethionine excess drastically alters organ selenium contents without altering the expression of most selenoproteins in mice / N. Akahoshi, Y. Anan, Y. Hashimoto [et al.] // The Journal of Nutritional Biochemistry. – 2019. – Vol. 69. – P. 120–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.03.020>.
17. Selenium research for environment and human health: perspectives, technologies and advancements / G. Bañuelos, Z.-Q. Lin, D. Liang [et al.]. – London : CRC Press, 2019. – 250 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780429423482>.
18. Simultaneous selenium and sulfur speciation analysis in cultivated *Pleurotus pulmonarius* mushroom / I. Milovanovic, B. Lajin, S. Braeuer [et al.] // Food Chemistry. – 2019. – Vol. 279. – P. 231–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.009>.
19. Quick selenium accumulation in the selenium-rich rice and its physiological responses in changing selenium environments / Y. K. Liang, Y. Su, L. Li [et al.] // BMC Plant Biology. – 2019. – Vol. 19, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2163-6>.
20. Impact of selenium addition to animal feeds on human selenium status in Serbia / Z. Pavlovic, I. Miletic, M. Zekovic [et al.] // Nutrients. – 2018. – Vol. 10, № 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10020225>.
21. Spiller, H. A. Rethinking mercury: the role of selenium in the pathophysiology of mercury toxicity / H. A. Spiller // Clinical Toxicology. – 2017. – Vol. 56, № 5. – P. 313–326. DOI: <https://doi.org/10.1080/15563650.2017.1400555>.
22. 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: <http://doi.org/10.12737/4089>.
23. Selenium and outcome in heart failure / N. Bomer, N. G. Beverborg, M. F. Hoes [et al.] // European Journal of Heart Failure. – 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejhf.1644>.
24. Impact of selenium, zinc and their interaction on key enzymes, grain yield, selenium, zinc concentrations, and seedling vigor of biofortified rice / H. H. Ei, T. Zheng, M. U. Farooq [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – Vol. 27. – P. 16940–16949. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08202-8>.

25. Cheng, W. H. Special issue of “Optimal selenium status and selenoproteins in health” / W. H. Cheng, K. S. Prabhu // *Biological Trace Element Research*. – 2019. – Vol. 192, № 1. – P. 1–2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01898-x>.
26. Deficient selenium status of a healthy adult Spanish population / E. M. Adame, D. Florea, L. S. Pérez [et al.] // *Nutricion Hospitalaria*. – 2012. – Vol. 27, № 2. – P. 524–528. DOI: <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.2.5529>.
27. Табаторович, А. Н. Технология и оценка качества пастилы, обогащенной органическим йодом / А. Н. Табаторович, И. Ю. Резниченко // *Техника и технология пищевых производств*. – 2016. – Т. 40, № 1. – С. 61–67.
28. Смирнова, С. О. Использование нетрадиционного сырья в производстве макаронных изделий повышенной пищевой ценности / С. О. Смирнова, О. Ф. Фазиуллина // *Техника и технология пищевых производств*. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 454–469. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-454-469>.
29. 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>.
30. Tien, N. P. Effects of Vietnamese tamarind fish sauce enriched with iron and zinc on green mussel quality / N. P. Tien, S. Siripongvutikorn, W. Usawakesmanee // *Foods and Raw Materials*. – 2019. – Vol. 7, № 1. – P. 51–59. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-51-59>.
31. Characterization of selenium-containing polysaccharides isolated from selenium-enriched tea and its bioactivities / Y. Gu, Y. Qiu, X. Wei [et al.] // *Food Chemistry*. – 2020. – Vol. 316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126371>.
32. Does selenium fortification of kale and kohlrabi sprouts change significantly their biochemical and cytotoxic properties? / P. Zagrodzki, P. Paško, A. Galanty [et al.] // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2020. – Vol. 59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126466>.
33. Microstructure and cooking quality of barley-enriched pasta produced at different process parameters / I. Kosović, M. Benšić, Đ. Ačkar [et al.] // *Foods and Raw Materials*. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 281–290. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-281-290>.
34. Фазуллина, О. Ф. Макароны повышенной пищевой ценности с использованием полбы / О. Ф. Фазуллина, С. О. Смирнов // *Ползуновский вестник*. – 2019. – № 3. – С. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.03.003>.
35. Фазуллина, О. Ф. Исследование показателей качества макаронных изделий из полбы / О. Ф. Фазуллина, С. О. Смирнов, А. А. Королев // *Вестник КрасГАУ*. – 2020. – Т. 154, № 1. – С. 126–131. DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-1-126-131>.
36. Крыжова, Ю. П. Влияние термической обработки на содержание йода и селена в мясных продуктах / Ю. П. Крыжова // *Материалы III Международной научно-практической конференции «Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья»*. – Краснодар, 2013. – С. 206–210.
37. Мякашкина, А. В. Выявление и анализ факторов, формирующих качество пшеницы с повышенным содержанием селена: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Мякашкина Анна Владимировна. – Кемерово, 2012. – 21 с.

References

1. Yarygina LV. Statistical analysis of food consumption by the population of Russia. *Social and Economic Systems*. 2019;12(6):123–136. (In Russ.).
2. Litvinova OS. Hygienic assessment of nutrition structure of population of the Russian Federation. *Public Health and Life Environment*. 2016;278(5):11–14. (In Russ.).
3. Vorobyeva VM, Vorobyeva IS, Kochetkova AA, Mazo VK, Zorin SN, Sharafetdinov KhKh. Specialised hypocholesteremic foods: Ingredients, technology, effects. *Foods and Raw Materials*. 2020;8(1):20–29. DOI: <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2020-1-20-29>.
4. Kutsenkova VS, Nepovinnykh NV, Lyamina NP, Senchikhin VN. Recipe development and medical and biological evaluation of bakery products fortified with non-traditional vegetable raw materials. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(1):23–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-23-31>.
5. Nevskaya EV, Tyurina IA, Tyurina OE, Shulbaeva MT, Potapova MN, Golovacheva YaS. Healthy bakery composite mixes. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(4):531–544. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544>.
6. Dvoretzky LI, Ivleva OV. Besity and iron deficiency. One more comorbidity? *The Russian Archives of Internal Medicine*. 2015;25(5):9–16. (In Russ.).
7. Larvie DY, Doherty JL, Donati GL, Armah SM. Relationship between selenium and hematological markers in young adults with normal weight or overweight/obesity. *Antioxidants*. 2019;8(10). DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8100463>.
8. Hariharan S, Dharmaraj S. Selenium and selenoproteins: it’s role in regulation of inflammation. *Inflammopharmacology*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-020-00690-x>.
9. Golubkina NA, Sindireva AV, Zaitsev VF. Interregional variability of the human selenium status. *South of Russia: ecology, development*. 2017;12(1):107–127. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-107-127>.

10. Urubkov SA, Hovanskaya SS, Ponomaryova SM, Semenova LI, Smirnov SO. Soderzhanie selena v bezglutenovykh zernovykh kul'turah [Selenium content in gluten-free crops]. Polzunovsky vestnik. 2019;(4):63–67. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.04.014>.
11. Naumova NL. Antioxidant activity of selenium-containing bakery products. Food Processing: Techniques and Technology. 2015;37(2):29–34. (In Russ.).
12. Golubkina NA, Poluboyarinov PA, Sindireva AV. Selenium in food crops. Problems of Nutrition. 2017;86(2):63–69. (In Russ.).
13. Phiri FP, Ander EL, Lark RM, Bailey EH, Chilima B, Gondwe J, et al. Urine selenium concentration is a useful biomarker for assessing population level selenium status. Environment International. 2020;134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105218>.
14. Alehagen U, Alexander J, Aaseth J, Larsson A, Lindahl TL. Significant decrease of von Willebrand factor and plasminogen activator inhibitor-1 by providing supplementation with selenium and coenzyme Q10 to an elderly population with a low selenium status. European Journal of Nutrition. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00394-020-02193-5>.
15. Revenco D, Vomáčková M, Jelínek L, Mestek O, Koplík R. Selenium species in selenium-enriched malt. Kvasny Prumysl. 2019;65(4):134–141. DOI: <https://doi.org/10.18832/kp2019.65.134>.
16. Akahoshi N, Anan Y, Hashimoto Y, Tokoro N, Mizuno R, Hayashi S, et al. Dietary selenium deficiency or selenomethionine excess drastically alters organ selenium contents without altering the expression of most selenoproteins in mice. The Journal of Nutritional Biochemistry. 2019;69:120–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2019.03.020>.
17. Bañuelos G, Lin Z-Q, Liang D, Yin X. Selenium research for environment and human health: perspectives, technologies and advancements. London: CRC Press; 2019. 250 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780429423482>.
18. Milovanovic I, Lajin B, Braeuer S, Steiner O, Lisa F, Goessler W. Simultaneous selenium and sulfur speciation analysis in cultivated *Pleurotus pulmonarius* mushroom. Food Chemistry. 2019;279:231–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.009>.
19. Liang YK, Su Y, Li L, Huang X, Panhwar FH, Zheng TD, et al. Quick selenium accumulation in the selenium-rich rice and its physiological responses in changing selenium environments. BMC Plant Biology. 2019;19(1). DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2163-6>.
20. Pavlovic Z, Miletic I, Zekovic M, Nikolic M, Glibetic M. Impact of selenium addition to animal feeds on human selenium status in Serbia. Nutrients. 2018;10(2). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu10020225>.
21. Spiller HA. Rethinking mercury: the role of selenium in the pathophysiology of mercury toxicity. Clinical Toxicology. 2017;56(5):313–326. DOI: <https://doi.org/10.1080/15563650.2017.1400555>.
22. 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: <http://doi.org/10.12737/4089>.
23. Bomer N, Beverborg NG, Hoes MF, Streng KW, Vermeer M, Dokter MM, et al. Selenium and outcome in heart failure. European Journal of Heart Failure. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejhf.1644>.
24. Ei HH, Zheng T, Farooq MU, Zeng R, Su Y, Zhang Y, et al. Impact of selenium, zinc and their interaction on key enzymes, grain yield, selenium, zinc concentrations, and seedling vigor of biofortified rice. Environmental Science and Pollution Research. 2020;27:16940–16949. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08202-8>.
25. Cheng WH, Prabhu KS. Special issue of “Optimal selenium status and selenoproteins in health”. Biological Trace Element Research. 2019;192(1):1–2. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12011-019-01898-x>.
26. Adame EM, Florea D, Pérez LS, Lopez JM, Lopez-Gonzalez B, de la Cruz AP, et al. Deficient selenium status of a healthy adult Spanish population. Nutricion Hospitalaria. 2012;27(2):524–528. DOI: <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.2.5529>.
27. Tabatorovich AN, Reznichenko IYu. Technology and quality estimation of marshmallow enriched with organic iodine. Food Processing: Techniques and Technology. 2016;40(1):61–67 (In Russ.).
28. Smirnov SO, Fazullina OF. Non-traditional raw materials in pasta production of high nutrition value. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):454–469. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-454-469>.
29. 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>.
30. Tien NP, Siripongvutikorn S, Usawakesmanee W. Effects of Vietnamese tamarind fish sauce enriched with iron and zinc on green mussel quality. Foods and Raw Materials. 2019;7(1):51–59. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-51-59>.
31. Gu Y, Qiu Y, Wei X, Li Z, Hu ZQ, Gu YY, et al. Characterization of selenium-containing polysaccharides isolated from selenium-enriched tea and its bioactivities. Food Chemistry. 2020;316. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126371>.
32. Zagrodzki P, Paško P, Galanty A, Tyszka-Czochara M, Wietecha-Posluszny R, Rubio PS, et al. Does selenium fortification of kale and kohlrabi sprouts change significantly their biochemical and cytotoxic properties? Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2020;59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126466>.
33. Kosović I, Benšić M, Ačkar Đ, Jozinovic A, Ugarcic Z, Babic J, et al. Microstructure and cooking quality of barley-enriched pasta produced at different process parameters. Foods and Raw Materials. 2018;6(2):281–290. DOI: <http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-281-290>.

34. Fazullina OF, Smirnov SO. Makaronnye izdeliya povyshennoj pishchevoj cennosti s ispol'zovaniem polby [High nutritional value pasta with spelt]. Polzunovsky vestnik. 2019;(3):13–18. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2019.03.003>.

35. Fazullina OF, Smirnov SO, Korolev AA. The research of quality indicators of pasta from spelt. Bulletin of KSAU. 2020;154(1):126–131. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-1-126-131>.

36. Kryzhova YuP. The influence of heat treatment on the contents of iodine and selenium in meat products. Materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii “Innovacionnye pishchevye tekhnologii v oblasti hraneniya i pererabotki sel'skohozyajstvennogo syr'ya” [Proceedings of the III International scientific-practical conference “Innovative food technologies in storage and processing of agricultural raw materials”]; 2013; Krasnodar. Krasnodar: House-South; 2013. p. 206–210. (In Russ.).

37. Myakashkina AV. Vyyavlenie i analiz faktorov, formiruyushchih kachestvo pshenicy s povyshennym sodержaniem selena [Identification and analysis of factors that shape the quality of wheat with a high content of selenium]. Cand. eng. sci. diss. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2012. 21 p.

Сведения об авторах

Фазуллина Олия Фанавиевна

канд. техн. наук, старший научный сотрудник отдела пищевых концентратов и оборудования, Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 383-16-92, e-mail: olfazullina@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5963-3692>

Пономарева Светлана Михайловна

канд. био. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории качества пищевых продуктов и аналитических методов исследования, Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 543-38-20, e-mail: sv.m.ponomareva@gmail.com

Смирнов Станислав Олегович

канд. техн. наук, заместитель директора по научной работе, Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия, Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 549-38-20, e-mail: sts_76@bk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8073-1238>

Семенова Людмила Ивановна

канд. хим. наук, заведующая лабораторией качества пищевых продуктов и аналитических методов исследования, Научно-исследовательский институт пищевого концентратной промышленности и специальной пищевой технологии – филиал ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи», 142718, Россия Московская область, Ленинский район, поселок Измайлово, 22, тел.: +7 (495) 543-38-20, e-mail: Seli194@yandex.ru

Information about the authors

Oliya F. Fazullina

Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Department of Technology of Food Concentrates and Equipment, Scientific Research Institute of Food-Concentrate Industry and Special Food Technology – a branch Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 383-16-92, e-mail: olfazullina@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5963-3692>

Svetlana M. Ponomareva

Cand.Sci.(Bio.), Leading Researcher of the Laboratory of Product Quality and Analytical Research Methods, Scientific Research Institute of Food-Concentrate Industry and Special Food Technology – a branch Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 543-38-20, e-mail: sv.m.ponomareva@gmail.com

Stanislav O. Smirnov

Cand.Sci.(Eng.), Deputy Director for Scientific Work, Scientific Research Institute of Food-Concentrate Industry and Special Food Technology – a branch Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 549-38-20, e-mail: sts_76@dk.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8073-1238>

Lyudmila I. Semyonova

Cand.Sci.(Chem.), Head of the Laboratory of Product Quality and Analytical Research Methods, Scientific Research Institute of Food-Concentrate Industry and Special Food Technology – a branch Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia, phone: +7 (495) 543-38-20, e-mail: Seli194@yandex.ru

Моделирование кристаллизации влаги при замораживании бактериальных заквасок

Е. В. Короткая^{1,*}, И. А. Короткий¹, К. И. Васильев², Л. А. Остроумов¹



¹ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

² Министерство сельского хозяйства и перерабатывающей
промышленности Кузбасса,
650000, Россия, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 22А

Дата поступления в редакцию: 06.04.2020

Дата принятия в печать: 29.05.2020

*e-mail: korotkayael@mail.ru



© Е. В. Короткая, И. А. Короткий, К. И. Васильев, Л. А. Остроумов, 2020

Аннотация.

Введение. Качество кисломолочных продуктов напрямую зависит от используемых бактериальных заквасок, содержащих молочнокислые микроорганизмы. Одним из эффективных способов хранения бактериальных заквасок является замораживание, т. к. позволяет получать культуры не только с высокой выживаемостью, но и максимально сохранными морфологическими и культуральными свойствами. Изменение фазового состояния воды влияет на химические и биохимические процессы при замораживании заквасок. Исходя из этого, изучение особенностей кристаллизации влаги при замораживании бактериальных заквасок представляет практический интерес.

Объекты и методы исследования. Бактериальные заквасочные культуры *Lactobacillus bulgaricus* и *Lactobacillus acidophilus*. Использовали стандартные методики для определения физико-химических характеристик и первый буферный метод двух температурно-временных интервалов для определения теплофизических характеристик.

Результаты и их обсуждение. Для исследованной группы бактериальных заквасок определены массовые доли общего белка и сухих веществ, содержание молочной кислоты, а также криоскопические температуры и теплофизические характеристики. Установлено, что величины теплофизических характеристик бактериальных заквасок определяются количеством содержащейся в них влаги. Исходя из этого, предложена модель кристаллизации влаги при замораживании бактериальных заквасок, учитывающая содержание лактозы и молочной кислоты. С помощью данной модели рассчитаны криоскопические температуры, значения которых оказались близки к экспериментальным. На основании модели кристаллизации влаги рассчитана продолжительность замораживания, предложена методика расчета теплофизических характеристик и приведенных их значения, рассчитанные по данной методике. Отличия расчетных и экспериментальных значений не превышали 5,3 %.

Выводы. Сравнение экспериментальных и расчетных значений теплофизических характеристик показало их близость и позволило сделать вывод об адекватности предложенной модели кристаллизации влаги при замораживании бактериальных заквасок, а также возможности её практического использования при моделировании процессов замораживания, расчете теплофизических характеристик и продолжительности замораживания.

Ключевые слова: *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, замораживание, теплоемкость, теплопроводность, плотность

Финансирование. Работа выполнена на базе кафедры теплохладотехники Кемеровского государственного университета.

Для цитирования: Короткая, Е. В. Моделирование кристаллизации влаги при замораживании бактериальных заквасок / Е. В. Короткая, И. А. Короткий, К. И. Васильев [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 252–260. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-252-260>.

Original article

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

Modeling of Moisture Crystallization of Bacterial Starter Cultures during Freezing

E.V. Korotkaya^{1,*}, I.A. Korotkiy¹, K.I. Vasiliev², L.A. Ostroumov¹

¹ Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Received: April 06, 2020
Accepted: May 29, 2020

² Ministry of agriculture and processing industry of Kuzbass,
22A, Kuznetsky Ave., Kemerovo, 650000, Russia

*e-mail: korotkayael@mail.ru



© E.V. Korotkaya, I.A. Korotkiy, K.I. Vasiliev, L.A. Ostroumov, 2020

Abstract.

Introduction. The quality of fermented milk products directly depends on the bacterial starter cultures involved, which contain lactic acid microorganisms. One of the most effective ways to store bacterial ferments is freezing as it improves the survival rate and preserves the morphological and cultural properties. Changing the phase state of water affects the chemical and biochemical processes during freezing. The present research dealt with the issue of moisture crystallization during freezing of bacterial starter cultures.

Study objects and methods. The study featured bacterial starter cultures of *Lactobacillus bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus*. The authors used standard methods to determine their physical and chemical properties; the first buffer method of two temperature and time intervals made it possible to describe the thermal characteristics.

Results and discussion. A set of experiments helped to define the mass fractions of total protein and dry matter, the content of lactic acid, as well as cryoscopic temperatures and thermophysical characteristics of the bacterial cultures in question. The values of the thermophysical characteristics of bacterial ferments proved to depend on the amount of moisture in them. The authors constructed a model of moisture crystallization during freezing of bacterial starter cultures, taking into account the content of lactose and lactic acid. The model made it possible to define the cryoscopic temperatures. Their proved close to the experimental ones. The model of moisture crystallization also provided the freezing time and a method for calculating thermal characteristics and their values. The differences between the calculated and experimental values did not exceed 5.3 %.

Conclusion. The experimental and calculated values of the thermophysical characteristics appeared similar, which means that the proposed model of moisture crystallization during freezing of bacterial ferments proved effective. The model can be used in commercial freezing to calculate thermal characteristics and freezing time.

Keywords. *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, freezing, heatcapacity, thermalconductivity, density

Funding. The research was performed on the premises of the Department of Heat and Cooling Engineering, Kemerovo State University.

For citation: Korotkaya EV, Korotkiy IA, Vasiliev KI, Ostroumov LA. Modeling of Moisture Crystallization of Bacterial Starter Cultures during Freezing. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):252–260. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-252-260>.

Введение

Существующие в настоящее время методы консервации бактериальных культур весьма разнообразны. Однако все они основаны на общем принципе – переводе клеток в анабиотическое состояние. В состоянии анабиоза жизненные процессы в организме резко замедляются, что способствует его выживанию в неблагоприятных условиях. Принцип анабиоза лежит в основе замораживания и хранения при низких температурах бактериальных культур, а также их высушивания и хранения в защитной среде.

Сухие бактериальные закваски могут храниться в течение достаточно долгого времени. Однако имеется достаточное количество исследований подтверждающих, что в результате высушивания культуры микроорганизмов утрачивают свои свойства. В настоящее время для длительного хранения бактериальных заквасок широко используются методы лиофилизации и сублимационной сушки как одни из эффективных и экономичных. Необходимо отметить, что в процессе лиофилизации микроорганизмы бактериальных заквасок подвергаются стрессовому воздействию не только низких температур, но и вакуума.

В результате возможно появление мутаций, нарушение генетической стабильности и потеря желаемых свойств. Несмотря на это, в сравнении с высушиванием, лиофилизация обеспечивает лучшую стабильность и жизнеспособность микроорганизмов бактериальных заквасок [1].

Криоконсервация – совокупность низкотемпературных методов хранения биологических объектов. Низкотемпературное консервирование бактериальных заквасок осуществляют двумя способами: при температуре $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ в жидком азоте и глубоким замораживанием ($-30 \pm -80\text{ }^{\circ}\text{C}$) [1]. При температуре хранения ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ глубоко замороженные бактериальные закваски сохраняют свою активность в течение нескольких месяцев. К преимуществам данного метода консервации следует отнести удобство хранения и использования в производстве кисломолочной продукции непосредственно после размораживания на водяной бане или после непродолжительной инкубации до достижения необходимой кислотности [1, 2]. Сравнение влияния таких методов консервации, как замораживание и сублимационная сушка, на свойства бактериальных заквасок, содержащих молочнокислые бактерии, показало, что оба

метода консервации оказывают значительное влияние на жизнеспособность микроорганизмов [2–4]. Под действием низких температур скорость ферментативных процессов замедляется, а образование льда и дегидратация способствуют их ускорению. Понижение температуры приводит к частичной денатурации фермента или субстрата, вызывает изменение мембраны клетки, приводит к увеличению вязкости протоплазмы и др. [1, 5]. Особенности и характер этих изменений определяются биологической природой объекта и зависят от таких факторов, как температура, скорость ее понижения, время воздействия, присутствие криопротекторов. Подбор оптимального сочетания криопротекторов, скорости замораживания и температуры оттаивания способны в значительной степени увеличить выживаемость лактобактерий [6–10]. Как показали исследования авторов, после 6 месяцев хранения замороженные бактериальные культуры показали высокую выживаемость и высокую внутриклеточную ферментативную активность по сравнению с культурами сублимационной сушки [3].

Учитывая важность качества используемых в молочной промышленности бактериальных заквасок, которые определяют органолептические и физико-химические свойства, а также биологическую ценность получаемого продукта, задача исследователей состоит в разработке и совершенствовании способов консервации, которые позволят снизить долю отмерших и поврежденных клеток. В этой связи замораживание является одним из эффективных способов хранения бактериальных заквасок. Присутствие воды как основного компонента бактериальных заквасок влияет на теплофизические процессы при их замораживании. Основным фактором, влияющим на химические и биохимические процессы при замораживании бактериальных заквасок, является изменение фазового состояния воды. В процессе замораживания вода, находящаяся внутри бактериальных заквасок, превращается в лед не сразу. Сначала она охлаждается до тех пор, пока температура не станет равна криоскопической, далее начинается замораживание. Изменение фазового состояния воды включает две стадии – зарождение и рост кристаллов. Различают два типа образования зародышей кристаллов льда. Самопроизвольное образование нового кристалла в чистом растворе (гомогенное образование кристаллических зародышей) и образование кристаллических структур вокруг центров кристаллизации (гетерогенное образование кристаллов) [10–12]. Форма и размер образующихся кристаллов льда определяют свойства замороженного продукта. Поэтому контроль образования и роста кристаллов льда является очень важным для определения микроструктуры

и качества замороженных пищевых продуктов, в том числе бактериальных заквасок [11–13]. Изучение особенностей кристаллизации влаги при замораживании биоматериалов и пищевых продуктов будет способствовать разработке наиболее эффективных технологий, оказывающих минимальное воздействие на замораживаемый объект, и приведет к повышению качества готового продукта [10].

Современные технологии низкотемпературного консервирования пищевых продуктов должны быть энергосберегающими и научно обоснованными. Знание особенностей низкотемпературного воздействия на пищевые продукты позволяет правильно спроектировать, рассчитать и подобрать технологическое оборудование. Для осуществления таких расчетов необходимо знать как изменяются теплофизические характеристики продуктов во всем диапазоне низкотемпературного воздействия [1, 14]. Исходя из этого, разработка расчетных методик, позволяющих моделировать и прогнозировать изменения значений теплофизических свойств бактериальных заквасок в ходе низкотемпературного воздействия, представляется весьма интересным.

Целью работы является разработка модели замораживания бактериальных заквасок, позволяющая описать процессы кристаллизации влаги, рассчитать теплофизические характеристики и продолжительность замораживания.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» на базе кафедры теплохладотехники. В качестве объектов изучения были выбраны бактериальные заквасочные культуры *Lactobacillus bulgaricus* и *Lactobacillus acidophilus*. Определение физико-химических показателей проводили по стандартным методикам. Массовую долю органических кислот устанавливали методом капиллярного электрофореза, содержание белка – методом Дюма на анализаторе общего азота/белка RAPID N cube. Методом гравиметрии определяли содержание сухих веществ и влаги.

Бактериальные заквасочные культуры замораживали в специальных низкотемпературных камерах на воздухе и в среде хладоносителя (антифриз на основе пропиленгликоля) при температуре $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ [14].

Для измерения температур бактериальных заквасок в процессе замораживания использовали хромель-копелевые термоэлектрические преобразователи (термопары), сигнал которых воспринимался аналоговым модулем ввода МВА-8, преобразователем интерфейса АС-4 и фиксировался персональным компьютером.

Изучение процессов кристаллизации при замораживании бактериальных заквасок проводили калориметрически, используя специализированный

лабораторный комплекс, предназначенный для определения криоскопических температур растворов, автоматически поддерживающий заданную разность температур между исследуемым объектом и окружающей средой, что позволяет управлять процессом кристаллизации [1].

Экспериментальное определение теплофизических характеристик бактериальных заквасок проводили первым буферным методом двух температурно-временных интервалов [14].

Удельную теплоемкость бактериальных заквасок (с) рассчитывали по правилу аддитивности:

$$c = \sum_{k=1}^n (c_k \omega_k) \quad (1)$$

где ω_k – массовая доля компонента;

c_k – теплоемкость компонента: воды ($c_w = 4,19$ кДж/(кг·К)), лактозы ($c_{\text{лак.}} = 1,315$ кДж/(кг·К)), молочной кислоты ($c_{\text{м.к.}} = 1,295$ кДж/(кг·К)), льда ($c_{\text{л.}} = 2,3$ кДж/(кг·К)), прочих компонентов ($c_{\text{пр}} = 1,214$ кДж/(кг·К)).

Для расчета коэффициента теплопроводности использовали формулу Лихтнекера, в основе которой лежит правило аддитивности. Неприменимое в общем случае для расчета коэффициента теплопроводности правило аддитивности для пищевых продуктов позволяет получить расчетные данные с достаточной достоверностью, т. к. коэффициенты теплопроводности компонентов, входящие в состав бактериальных заквасок, являются величинами одного порядка, а сами продукты изотропными [1, 14].

$$\lambda V = \sum_{k=1}^n \lambda_k V_k \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности продукта;

λ_k – коэффициент теплопроводности компонента;

V_k – объем, занимаемый компонентом;

V – полный объем продукта.

Расчетную физическую плотность закваски находили по уравнению [1]:

$$\rho = \frac{\sum_{k=1}^n \omega_k}{\sum_{k=1}^n \frac{\omega_k}{\rho_k}} \quad (3)$$

где ρ_k – плотность компонента.

Математическое описание динамики кристаллизации влаги основано на явлении теплопередачи. Доминирующим механизмом образования кристаллов льда в пищевых системах является гетерогенный [10, 15]. В основу решения поставленной задачи была положена классическая формула расчета продолжительности замораживания Р. Планка (τ), с учетом того что замораживаемое тело имеет форму бесконечного прямого цилиндра [16]:

$$\tau = R \cdot \rho \cdot \left(\frac{\Phi q}{t_{\text{кр}} - t_{\text{хл}}} + \frac{c}{2} \right) \cdot \left(\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right) \quad (4)$$

где R – внешний радиус цилиндра;

q – удельная теплота замораживания;

Φ – коэффициент, учитывающий форму, равный для цилиндра 0,5;

α – коэффициент теплоотдачи от поверхности тела;

$t_{\text{кр}}$ и $t_{\text{хл}}$ – температуры криоскопическая и хладоносителя соответственно.

Результаты и их обсуждение

Как уже отмечалось выше, при замораживании бактериальных заквасок не только угнетается их рост и размножение микроорганизмов, но и изменяются скорости протекания физиологических процессов. Авторы [5, 18] показали, что культуры *Lactobacillus bulgaricus* при замораживании испытывают не только холодовой, но и осмотический стресс. В результате происходит деградация клеток. Поэтому соблюдение условий замораживания имеет первостепенное значение для сохранения не только жизнеспособности микроорганизмов, но и для сохранения их морфологических и культуральных свойств. Исследуемые бактериальные закваски содержат молочнокислые бактерии *Lactobacillus bulgaricus* и *Lactobacillus acidophilus*, которые являются термофилами. Термофильные бактерии по-разному переносят действие низких температур, в частности *L. bulgaricus* и *L. acidophilus* достаточно хорошо переносят глубокое замораживание [1–3, 5, 18–20]. Исходя из этого, для замораживания бактериальных заквасок была выбрана температура -45 °С.

Бактериальные закваски представляют собой сложную многокомпонентную систему, поэтому предварительно был изучен их химический состав, который играет важную роль в формировании молочного сгустка, а также необходим при изучении процессов замораживания бактериальных заквасок. Значения основных показателей химического состава бактериальных заквасок представлены в таблице 1.

Как видно из данных таблицы 1, общее содержание органических кислот в пересчете на молочную кислоту в бактериальных заквасках *L. acidophilus* было незначительно выше, чем в бактериальных заквасках *L. bulgaricus*. В среднем на $2,5$ мг/см³. Близкие значения массовой доли общего белка и сухих веществ (отличия в пределах погрешности измерений) также были отмечены в исследуемых бактериальных заквасках.

Таблица 1. Некоторые показатели химического состава бактериальных заквасок

Table 1. Chemical composition of bacterial starter cultures

Показатель	Бактериальная культура	
	<i>L. acidophilus</i>	<i>L. bulgaricus</i>
Массовая доля общего белка, % ($\bar{X} \pm 0,5$)	3,1	3,0
Массовая концентрация молочной кислоты, мг/см ³ ($\bar{X} \pm 0,5$)	18,7	16,1
Массовая доля сухих веществ, % ($\bar{X} \pm 0,1$)	12,5	12,3

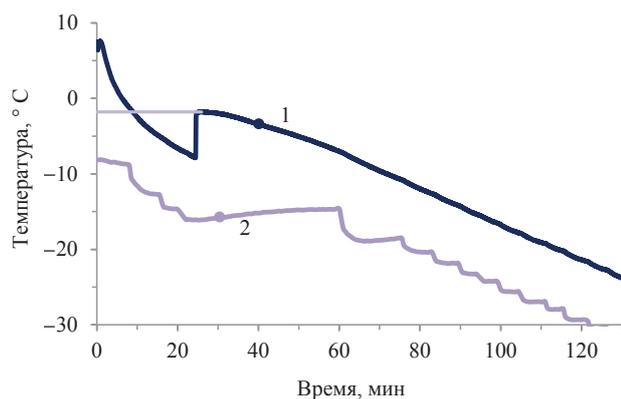


Рисунок 1. Кривые охлаждения: 1 – бактериальной закваски *Lactobacillus acidophilus*; 2 – хладоносителя

Figure 1. Cooling curves: 1 – bacterial starter culture *Lactobacillus acidophilus*; 2 – coolant

Криоскопические температуры бактериальных заквасок определяли термографически по кривым охлаждения (рис. 1 и 2). Температуры замерзания бактериальных заквасок, содержащих *L. acidophilus* и *L. bulgaricus*, составили $-1,80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $-1,65\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Экспериментальные значения теплофизических характеристик исследуемых заквасок, определенные первым буферным методом двух температурно-временных интервалов, приведены в таблице 2 [14].

Определенные экспериментально теплофизические характеристики исследуемых бактериальных заквасок имеют близкие значения, т. к. их величина определяется содержанием основных компонентов, наибольшую часть из которых составляет влага.

Учитывая вышесказанное, при разработке модели замораживания бактериальных заквасок, содержащих молочнокислые микроорганизмы, исходили из того, что кристаллизацию влаги можно представить

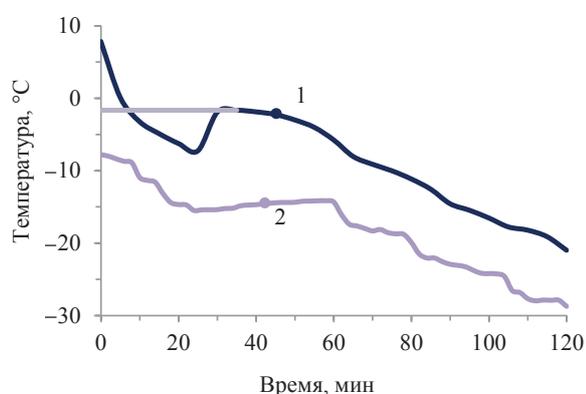


Рисунок 2. Кривые охлаждения: 1 – бактериальной закваски *Lactobacillus bulgaricus*; 2 – хладоносителя

Figure 2. Cooling curves: 1 – bacterial starter culture *Lactobacillus bulgaricus*; 2 – coolant

Таблица 2. Теплофизические характеристики (экспериментальные/расчетные) бактериальных заквасок до замораживания

Table 2. Thermophysical characteristics (experimental/calculated) of bacterial starter cultures before freezing

Бактериальная культура	Удельная теплоемкость c , Дж/(кг·К) ($\bar{X} \pm 5\%$)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К) ($\bar{X} \pm 5\%$)	Плотность ρ , кг/м ³ ($\bar{X} \pm 2\%$)
<i>L. acidophilus</i>	3807/3827	0,532/0,560	1032,1/1049
<i>L. bulgaricus</i>	3834/3695	0,541/0,560	1029,7/1063

как кристаллизацию тройной системы: молочная кислота – лактоза – вода. Фазовые диаграммы состояния для бинарных растворов (молочная кислота – вода и лактоза – вода) будут иметь схожий вид, отличающийся значениями эвтектических концентраций и температур. Для раствора молочной кислоты эвтектическая концентрация равна 40 %, а эвтектическая температура $-5,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, для раствора лактозы – 51,4 % и $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Экспериментальным путем определили температуры начала кристаллизации в тройной системе молочная кислота – лактоза – вода в зависимости от концентрации растворов. Полученные данные обработали с помощью метода наименьших квадратов и получили уравнение регрессии для расчета криоскопической температуры ($t_{кр}$, $^{\circ}\text{C}$):

$$t_{кр} = 0,0168 - 0,168\omega_k + 1,765 \times 10^{-3}\omega_k^2 - 6,044 \times 10^{-5}\omega_k^3 \quad (5)$$

где ω_k – массовая доля растворенных компонентов (молочная кислота, лактоза), %.

Среднеквадратичное отклонение температуры замерзания, рассчитанное по уравнению (5), от экспериментальных значений в диапазоне измерений от 0 до $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ составило 0,11.

Массовую долю льда (ω_l), образующегося в результате замораживания бактериальных заквасок, в зависимости от температуры, определяли по формуле:

$$\omega_l(t) = \omega_{вл} - \omega_c \times (1/(\omega_k(t)-1)) \quad (6)$$

где $\omega_l(t)$ – массовая доля образовавшегося льда при температуре (t);

$\omega_{вл}$ – массовая доля влаги в исходной закваске;

ω_c – массовая доля лактозы и молочной кислоты.

Формула (6) может быть использована в диапазоне температур от начала кристаллизации раствора до эвтектической температуры раствора лактозы. При проведении расчетов необходимо учитывать изменение концентрации молочной кислоты и лактозы в растворе. На первом этапе замораживания до достижения первой эвтектической температуры в растворе присутствуют оба компонента и потому в формулу подставляют концентрацию

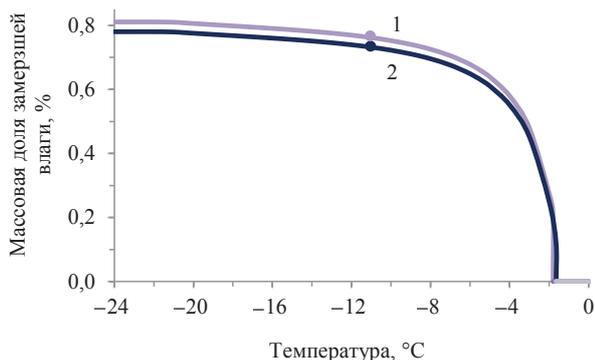


Рисунок 3. Зависимость массовой доли замёрзшей влаги от температуры в бактериальных заквасках:

1 – *Lactobacillus acidophilus*; 2 – *Lactobacillus bulgaricus*

Figure 3. Effect of temperature on the mass fraction of frozen moisture in bacterial starter cultures: 1 – *Lactobacillus acidophilus*; 2 – *Lactobacillus bulgaricus*

молочной кислоты и лактозы. На втором этапе при температурах ниже $-5,3$ °С вся молочная кислота кристаллизуется и в растворе присутствует только лактоза. При достижении второй эвтектической температуры в жидком виде остается еще 1–3 % незамерзающей влаги.

Используя формулы (5) и (6), была построена зависимость изменения массовой доли замёрзшей влаги в диапазоне температур от 0 до -24 °С (рис. 3).

С помощью формул (1)–(3) были рассчитаны удельные теплоемкости, коэффициенты теплопроводности и плотность исследуемых бактериальных заквасок в диапазоне температур от 25 до -45 °С. Полученные зависимости представлены на рисунках 4–6.

Для оценки адекватности разработанной методики были рассчитаны величины теплофизических

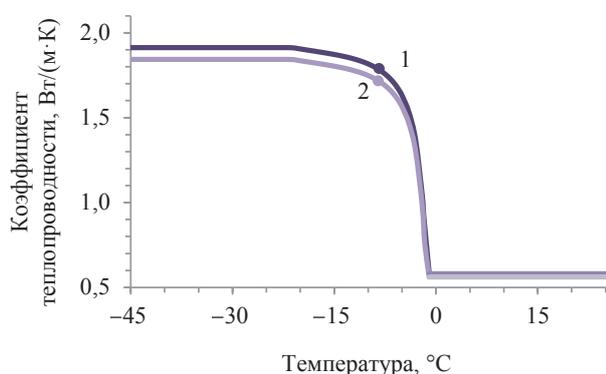


Рисунок 4. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры: 1 – *Lactobacillus acidophilus*;

2 – *Lactobacillus bulgaricus*

Figure 4. Effect of temperature on the coefficient of thermal conductivity: 1 – *Lactobacillus acidophilus*; 2 – *Lactobacillus bulgaricus*

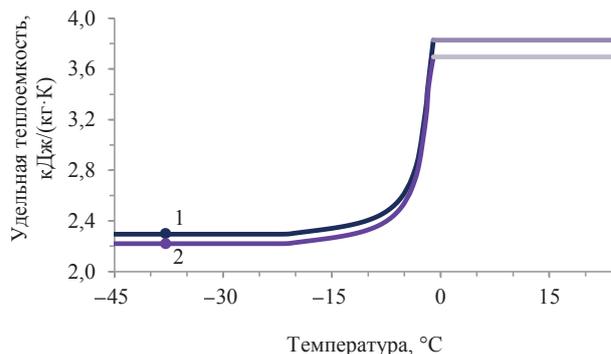


Рисунок 5. Зависимость удельной теплоемкости от температуры: 1 – *Lactobacillus acidophilus*;

2 – *Lactobacillus bulgaricus*

Figure 5. Effect of temperature on specific heat: 1 – *Lactobacillus acidophilus*; 2 – *Lactobacillus bulgaricus*

характеристик бактериальных заквасок (табл. 2) и проведено сравнение расчетных и экспериментальных значений. Отличия экспериментальных и расчетных значений составили: для коэффициента теплопроводности – 3,5–5,3 %; удельной теплоемкости – 0,5–3,8 %; плотности – 1,6–3,2 %, для криоскопических температур – 5,2 %.

Решение вопроса о продолжительности замораживания является одним из самых сложных в теплофизике замораживания из-за большого числа факторов, влияющих на процесс замораживания. Для решения задачи о продолжительности замораживания нами была использована формула Р. Планка (4). Расчетные значения продолжительности замораживания бактериальных заквасок составили 2,8 мин, что практически совпадает со средними экспериментальными значениями – 2,9 мин.

Выводы

Предложенная модель замораживания бактериальных заквасок, содержащих молочнокислые

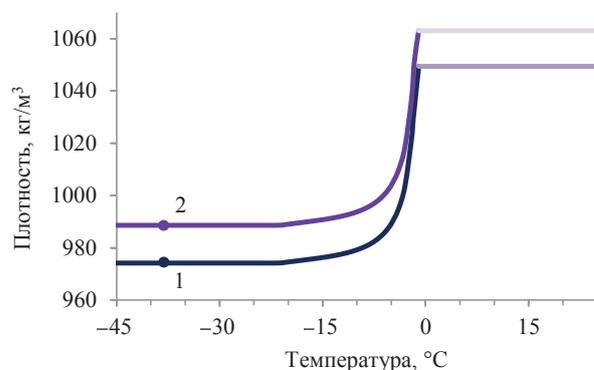


Рисунок 6. Зависимость плотности от температуры: 1 – *Lactobacillus acidophilus*;

2 – *Lactobacillus bulgaricus*

Figure 6. Effect of temperature on density: 1 – *Lactobacillus acidophilus*; 2 – *Lactobacillus bulgaricus*

бактерии *Lactobacillus bulgaricus* и *Lactobacillus acidophilus*, позволяет рассчитать массовую долю образующихся кристаллов льда, температуру начала кристаллизации, а также теплофизические характеристики (удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности, плотность, удельная теплота замораживания, коэффициент теплоотдачи) и продолжительность замораживания. Максимальная погрешность измерений при определении теплофизических характеристик составила 5,3 %, при определении продолжительности замораживания погрешность составила 3,6 %, что позволяет считать предложенную модель адекватной. Данная модель может быть использована при моделировании замораживания жидких бактериальных заквасок.

Критерии авторства

Авторы в равной степени участвовали в подготовке и написании статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors bear equal responsibility for the content of the article.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Короткая, Е. В. Исследование генетической стабильности молочнокислых микроорганизмов при замораживании и низкотемпературном хранении: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Короткая Елена Валерьевна. – Кемерово, 2012. – 42 с.
2. Ананьина, А. Е. Криоконсервирование производственных штаммов пробиотиков *Bifidobacterium bifidum* 1 и *Lactobacillus bulgaricus* 1Z 03501 в различных защитных средах / А. Е. Ананьина, А. В. Щеглов, И. П. Высеканцев // Проблемы криобиологии. – 2012. – Т. 22, № 3. – С. 359.
3. Kandil, S. Influence of freezing and freeze drying on intracellular enzymatic activity and autolytic properties of some lactic acid bacterial strains / S. Kandil, M. E. Soda // Advances in Microbiology. – 2015. – Vol. 5, № 6. – P. 371–382. DOI: <https://doi.org/10.4236/aim.2015.56039>.
4. Effect of acids produced from carbohydrate metabolism in cryoprotectants on the viability of freeze-dried *Lactobacillus* and prediction of optimal initial cell concentration / S. Cui, F. Hang, X. M. Liu [et al.] // Journal of Bioscience and Bioengineering. – 2018. – Vol. 125, № 5. – P. 513–518. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2017.12.009>.
5. Subcellular membrane fluidity of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* under cold and osmotic stress / J. Meneghel, S. Passot, S. Cenard [et al.] // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2017. – Vol. 101, № 18. – P. 6907–6917. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8444-9>.
6. Optimal combination of multiple cryoprotectants and freezing-thawing conditions for high lactobacilli survival rate during freezing and frozen storage / G. Q. Wang, X. Q. Yu, Z. Lu [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2019. – Vol. 99. – P. 217–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.065>.
7. Shelf-life extension of freeze-dried *Lactobacillus brevis* WiKim0069 using supercooling pretreatment / I. S. Choi, S. H. Ko, H. M. Kim [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2019. – Vol. 112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.128>.
8. Survival and stability of *Lactobacillus fermentum* and *Wickerhamomyces anomalus* strains upon lyophilisation with different cryoprotectant agents / R. F. Stefanello, E. H. Nabeshima, B. T. Iamanaka [et al.] // Food Research International. – 2019. – Vol. 115. – P. 90–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.044>.
9. Spray drying of *Lactobacillus rhamnosus* GG with calcium-containing protectant for enhanced viability / Y. W. Su, X. F. Zheng, Q. Zhao [et al.] // Powder Technology. – 2019. – Vol. 358. – P. 87–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.09.082>.
10. Kiani, H. Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review / H. Kiani, D.-W. Sun // Trends in Food Science and Technology. – 2011. – Vol. 22, № 8. – P. 407–426. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.011>.
11. Modelling freezing processes of high concentrated systems / E. Lopez-Quiroga, R. Wang, O. Gouseti [et al.] // IFAC-PapersOnLine. – 2015. – Vol. 48, № 1. – P. 749–754. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.05.140>.
12. Crystallisation in concentrated systems: A modelling approach / E. Lopez-Quiroga, R. Wang, O. Gouseti [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2016. – Vol. 100. – P. 525–534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.07.007>.
13. Aguilera, J. M. Why food microstructure? / J. M. Aguilera // Journal of Food Engineering. – 2005. – Vol. 67, № 1–2. – P. 3–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.050>.
14. Короткий, И. А. Исследование теплофизических характеристик пищевых продуктов: монография / И. А. Короткий, А. Н. Расцепкин. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2016. – 146 с.
15. Zaritzky, N. Physical-chemical principles in freezing / N. Zaritzky // Handbook of frozen food packaging and processing / D.-W. Sun. – Boca Raton : CRC Press, 2006. – P. 3–37.

16. Консервирование пищевых продуктов холодом / И. А. Рогов, В. Е. Куцакова, В. И. Филиппов [и др.]. – М. : Колос, 1999. – 176 с.
17. Characterization of freeze-dried *Lactobacillus acidophilus* in goat milk powder and tablet: Optimization of the composite cryoprotectants and evaluation of storage stability at different temperature / G. W. Shu, Z. Wang, L. Chen [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 90. – P. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.013>.
18. Biophysical characterization of the *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* membrane during cold and osmotic stress and its relevance for cryopreservation / J. Meneghel, S. Passot, S. Dupont [et al.] // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2017. – Vol. 101, № 4. – P. 1427–1441. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7935-4>.
19. Fonseca, F. Operating conditions that affect the resistance of lactic acid bacteria to freezing and frozen storage / F. Fonseca, C. Béal, G. Corrieu // Cryobiology. – 2001. – Vol. 43, № 3. – P. 189–198. DOI: <https://doi.org/10.1006/cryo.2001.2343>.
20. A Survey on the survival of *Lactobacillus paracasei* in fermented and non-fermented frozen soy dessert / S. Norouzi, H. Pourjafar, F. Ansari [et al.] // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. – 2019. – Vol. 21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbab.2019.101297>.

References

1. Korotkaya EV. Issledovanie geneticheskoy stabil'nosti molochnokislykh mikroorganizmov pri zamorazhivanii i nizkotemperaturnom hranenii [A study of the genetic stability of lactic acid microorganisms during freezing and low-temperature storage]. Dr. eng. sci. diss. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2012. 42 p.
2. Ananyina AE, Shcheglov AV, Vysekantsev IP. Cryopreservation of production strains of probiotics *Bifidobacterium bifidum* 1 and *Lactobacillus bulgaricus* 1Z 03501 in different cryoprotective media. Problems of cryobiology. 2012;22(3):359. (In Russ.).
3. Kandil S, Soda ME. Influence of freezing and freeze drying on intracellular enzymatic activity and autolytic properties of some lactic acid bacterial strains. Advances in Microbiology. 2015;5(6):371–382. DOI: <https://doi.org/10.4236/aim.2015.56039>.
4. Cui S, Hang F, Liu XM, Xu ZY, Liu ZM, Zhao JX, et al. Effect of acids produced from carbohydrate metabolism in cryoprotectants on the viability of freeze-dried *Lactobacillus* and prediction of optimal initial cell concentration. Journal of Bioscience and Bioengineering. 2018;125(5):513–518. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2017.12.009>.
5. Meneghel J, Passot S, Cenard S, Refregiers M, Jamme F, Fonseca F. Subcellular membrane fluidity of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* under cold and osmotic stress. Applied Microbiology and Biotechnology. 2017;101(18):6907–6917. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8444-9>.
6. Wang GQ, Yu XQ, Lu Z, Yang YT, Xia YJ, Lai PFH, et al. Optimal combination of multiple cryoprotectants and freezing-thawing conditions for high lactobacilli survival rate during freezing and frozen storage. LWT – Food Science and Technology. 2019;99:217–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.065>.
7. Choi IS, Ko SH, Kim HM, Chun HH, Lee KH, Yang JE, et al. Shelf-life extension of freeze-dried *Lactobacillus brevis* WiKim0069 using supercooling pretreatment. LWT – Food Science and Technology. 2019;112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.128>.
8. Stefanello RF, Nabeshima EH, Iamanaka BT, Ludwig A, Fries LLM, Bernardi AO, et al. Survival and stability of *Lactobacillus fermentum* and *Wickerhamomyces anomalus* strains upon lyophilisation with different cryoprotectant agents. Food Research International. 2019;115:90–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.044>.
9. Su YW, Zheng XF, Zhao Q, Fu N, Xiong H, Wu WD, et al. Spray drying of *Lactobacillus rhamnosus* GG with calcium-containing protectant for enhanced viability. Powder Technology. 2019;358:87–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.09.082>.
10. Kiani H, Sun D-W. Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review. Trends in Food Science and Technology. 2011;22(8):407–426. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.011>.
11. Lopez-Quiroga E, Wang R, Gouseti O, Fryer PJ, Bakalis S. Modelling freezing processes of high concentrated systems. IFAC-PapersOnLine. 2015;48(1):749–754. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.05.140>.
12. Lopez-Quiroga E, Wang R, Gouseti O, Fryer PJ, Bakalis S. Crystallisation in concentrated systems: A modelling approach. Food and Bioprocess Technology. 2016;100:525–534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.07.007>.
13. Aguilera JM. Why food microstructure? Journal of Food Engineering. 2005;67(1–2):3–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.05.050>.
14. Korotkij IA, Rasshchepkin AN. Issledovanie teplofizicheskikh karakteristik pishchevykh produktov: monografiya [A study of thermophysical characteristics of food products: monograph]. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2016. 146 p. (In Russ.).
15. Zaritzky N. Physical-chemical principles in freezing. In: Sun D-W, editor. Handbook of frozen food packaging and processing. Boca Raton: CRC Press; 2006. pp. 3–37.
16. Rogov IA, Kucakova VE, Filippov VI, Frolov SV. Konservirovanie pishchevykh produktov holodom [Food preservation by cold]. Moscow: Kolos; 1999. 176 p. (In Russ.).

17. Shu GW, Wang Z, Chen L, Wan HC, Chen H. Characterization of freeze-dried *Lactobacillus acidophilus* in goat milk powder and tablet: Optimization of the composite cryoprotectants and evaluation of storage stability at different temperature. LWT – Food Science and Technology. 2018;90:70–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.013>.

18. Meneghel J, Passot S, Dupont S, Fonseca F. Biophysical characterization of the *Lactobacillus delbrueckii* subsp. bulgaricus membrane during cold and osmotic stress and its relevance for cryopreservation. Applied Microbiology and Biotechnology. 2017;101(4):1427–1441. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7935-4>.

19. Fonseca F, Béal C, Corrieu G. Operating conditions that affect the resistance of lactic acid bacteria to freezing and frozen storage. Cryobiology. 2001;43(3):189–198. DOI: <https://doi.org/10.1006/cryo.2001.2343>.

20. Norouzi S, Pourjafar H, Ansari F, Homayouni A. A Survey on the survival of *Lactobacillus paracasei* in fermented and non-fermented frozen soy dessert. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2019;21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbab.2019.101297>.

Сведения об авторах

Короткая Елена Валерьевна

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры общей и неорганической химии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (983) 216-58-53, e-mail: korotkayael@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6210-3756>

Короткий Игорь Алексеевич

д-р техн. наук, профессор, директор Института электронных образовательных коммуникаций, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (983) 216-58-54, e-mail: krot69l@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7623-0940>

Васильев Кирилл Иванович

канд. техн. наук, заместитель министра сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Кузбасса, Министерство сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Кузбасса, 650000, Россия, г. Кемерово, пр. Кузнецкий, 22А, тел.: +7 (961) 727-44-20, e-mail: depselhoz@list.ru

Остроумов Лев Александрович

д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Научно-образовательного центра, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Information about the authors

Elena V. Korotkaya

Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (983) 216-5853, e-mail: korotkayael@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-6210-3756>

Igor A. Korotkiy

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Director of the Institute of Electronic Educational Communications, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (983) 216-58-54, e-mail: krot69l@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7623-0940>

Kirill I. Vasiliev

Cand.Sci.(Eng.), Deputy Minister of Agriculture and Processing Industry of Kuzbass, Ministry of agriculture and processing industry of Kuzbass, 22A, Kuznetsky Ave., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (961) 727-44-20, e-mail: depselhoz@list.ru

Lev A. Ostroumov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Leading Researcher of the Scientific and Educational Center, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-73, e-mail: bionano_kem@mail.ru

Перспективы развития безотходных технологий на основе растительного сырья и молочной сыворотки

А. Л. Майтаков^{1,*}, А. А. Сарафанов²



¹ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова»,
119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1

Дата поступления в редакцию: 06.04.2020

Дата принятия в печать: 29.05.2020

*e-mail: may585417@mail.ru



© А. Л. Майтаков, А. А. Сарафанов, 2020

Аннотация.

Введение. Согласно данным, опубликованным компанией Lighthouse, предприятия России потребляют на 40–220 % больше энергии на производство по сравнению с аналогичными предприятиями развитых стран. В этой связи актуальной задачей является поиск пути совершенствования технологического уровня производства страны в целом. Статья посвящена особенностям проектирования многоассортиментных малотоннажных сложных пищевых технологических систем, проектируемых в агропромышленном комплексе (АПК).

Объекты и методы исследования. В качестве объекта исследования мы приняли пищевую технологию системного комплекса. Эта система открытого типа, т. е. на нее могут оказывать влияние извне. Поэтому необходимо рассматривать всю цепочку производства совместно: от получения сырья с заданными показателями качества до производства готовой продукции, удовлетворяющей заданным параметрам.

Результаты и их обсуждение. Сведены воедино сведения о самоорганизации технологических систем и их основные характеристики: открытость, нелинейность и нестабильность. Изложены принципы проектирования таких комплексов в АПК и диалектика усиления соединенных в комплекс технологий. Обоснована необходимость индустриализации сельскохозяйственных технологий как диалектическая неизбежность создания промышленных агрокомплексов, реализующих новый этап инновационной революции в АПК. Сформулированы основные положения парадигмы развития технологий агропромышленного комплекса. Предложено принять прогнозирование тенденций и перспектив развития исследований на основе данных об их текущем состоянии с учетом глубины прогноза как основной способ выявления приоритетов.

Выводы. Сделано заключение о первоочередных шагах в реализации инженерии сложных технологических систем в научно-исследовательских организациях и вузах.

Ключевые слова. Технология, система, самоорганизация, модуль, уклад

Для цитирования: Майтаков, А. Л. Перспективы развития безотходных технологий на основе растительного сырья и молочной сыворотки / А. Л. Майтаков, А. А. Сарафанов // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 261–272. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-261-272>.

Original article

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

Plant- and Whey-Based Sustainable Technology: Development Potential

A.L. Maytakov^{1,*}, A.A. Sarafanov²

¹ Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

² Lomonosov Moscow State University,
1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia

Received: April 06, 2020

Accepted: May 29, 2020

*e-mail: may585417@mail.ru



© A.L. Maytakov, A.A. Sarafanov, 2020

Abstract.

Introduction. According to the Lighthouse research company, energy consumption in Russian industry exceeds the level of similar enterprises in other countries by 40–220%. In this regard, the urgent task is to find ways to improve the technological level of production in the country. The article features multi-assortment low-tonnage complex food technological in agriculture.

Study objects and methods. Industrial agro-complexes that implement agricultural production technologies, storage, and processing technologies can solve the problem of food security in Russia. The research focused on food technology of open-type system complexes. To design such complexes, one has to pay attention to the entire production chain, from production of raw materials with programmed quality indicators to finished products that meet particular requirements.

Results and discussion. The study summarized various data on the conditions of self-organization of system technological complexes and their main characteristics, e.g. openness, nonlinearity, instability, etc. The article describes the principles that underlie such complexes in agrifood industry, as well as the dialectic character of the synergy of several technologies united into one complex. The authors believe that agricultural industrialization is inevitable as industrial agro-complexes implement a new stage of the innovation revolution in agriculture. Therefore, priorities in agricultural development should be based on forecasts that rely on the current data and take into account the projection horizon.

Conclusion. Research organizations and universities should implement complex technological systems.

Keywords. Technology, system, self-organization, module, way

For citation: Maytakov AL, Sarafanov AA Plant- and Whey-Based Sustainable Technology: Development Potential. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):261–272. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-261-272>.

Введение

Технология из области чисто производственной прочно интегрировалась в сферу научную и стала предметом самостоятельных теоретических исследований. В реальных условиях взаимодействия трех систем (технологической, внешней сырьевой и внешней потребительской) предопределяет качество выпускаемой продукции. Рассмотрение их в комплексе друг с другом и с учетом информации об их совместной сущности дает возможность перевести производство на совершенно новый технический уровень. Без познания сути явлений нельзя создать новое целое [1, 17].

Диалектическое развитие пищевых технологий до настоящего времени не было предметом исследования. Решались задачи совершенствования технологий, оборудования, средств управления и автоматизации, разрешалось каждый раз какое-либо внутреннее противоречие технологии. Например, взаимосвязь «производительность – качество». С древних времен философы дискутируют о взаимоотношениях количества и качества. Сегодня закон философии о перерастании количества в качество, гласящий о том, что сумма «системных смыслов» свойств подсистем не равна смыслу системы, стал догмой, не вызывающей сомнения. Так, например, в ядерной физике закон синергии выражен понятием «дефект массы» [2].

Основателем понятия синергетика Г. Хакеном отмечается, что «всякий этап эволюции связан с процессами самоорганизации, саморегуляции, самоструктурирования, самовоспроизведения сложных систем различной природы» [3]. Суть подхода заключается в том, что вводится понятие «параметр порядка», который описывает небольшое возможное число существенных типов движения подсистем, обладающих значительным числом степеней свободы. Подсистемы-модули входят

в сложноорганизованные системы и находятся в сложных взаимодействиях друг с другом. Все типы возможного движения-взаимодействия процессоров в подсистемах оказываются «подчиненными» (принцип подчинения) и могут быть выражены через параметры порядка при помощи иерархии упрощенных моделей как систем процессов, так и самих процессов, включающих небольшое число наиболее существенных степеней свободы [4].

Рассмотрим эволюционное развитие организаций различных пищевых технологий (технологий муки, хлеба, кондитерских изделий, вина, водки, сахара, растительного масла, колбасных изделий и копченостей, молока и молочных продуктов и др.) от прошлого до современных пищевых технологий и постараемся заглянуть вперед. Как они могут быть организованы и что собой будут представлять эти технологии в будущем? Это нужно для того, чтобы сознательно начать движение вперед к высокоорганизованным технологиям, не требующим активного участия человека.

Уже сегодня мы имеем пример высокоразвитых автоматизированных и роботизированных предприятий, на которых участие человека в формировании продукта сведено до минимума. В этих условиях технолог выполняет совершенно другие функции. Первоочередная роль отводится роботам, машинам, аппаратам, компьютерной технике и специалистам, которые их обслуживают. Появляются совершенно новые требования к индивидуальной подготовке специалистов для таких производств. На таких предприятиях нет проблем с качеством сырья (большие объемы производства заставляют поставщиков из-за конкуренции на рынке бороться за потребителя), стабильность качества обеспечивается стабильностью технологических параметров производства, человеческий фактор в формировании качества сведен до минимума.

Имеются и другие предприятия, на которых качество формируется во взаимодействии систем производства. Это сырьевые (аграрная, животноводческая и т. п.), технологические и маркетинговые предприятия. Также создаются новые системы. Например, аграрно-технологическо-маркетинговые (сетевые кампании), птицеводческо-технологические и т. п.

С формальной точки зрения решение проблемы любого производства, в том числе и пищевого, заключается в переводе системы из области суммативных систем в целостную.

Это можно осуществить структурным упрощением технологии или стабилизацией процессов. Причем упрощение технологии производства возможно за счет изменения, например, аграрной технологии.

В качестве примера может быть использовано внесение минеральных комплексов совместно с бактериями, переводящими их в водорастворимую форму, вместе с семенами в подкормку растений. Насыщение микроэлементами позволяет обеспечить растения новыми свойствами, не присущими им ранее. Обеспечение синергического взаимодействия их с другими компонентами растения позволяет обойти «прозрачность» организма человека в усваивании этих минеральных составляющих. Большое распространение получают технологии выращивания плодов, ягод, грибов и овощей с заданными показателями качества на физиорастворах, а также микроклонального размножения высокопродуктивных сортов [4].

Вхождение технологического потока производства любого продукта в область высокоорганизованных систем требует роботизации как модулей производственных процессов, так и всего процесса в целом. Это приведет организацию технологии к идеальному состоянию, обеспечивающему минимальную энтропию состояния технологической системы при данных допусках на параметры технологических свойств полуфабрикатов.

В цепи управления для самоорганизующихся систем машинных технологий (автоматизированные и автоматические линии), в которые включен человек, управляющей подсистемой может быть механическое, электронное или другое техническое устройство. В механизированных линиях управляющая подсистема – человек. Развивающей подсистемой может быть как человек, так и техническое устройство, имеющее тезаурус, т. е. полное программное обеспечение и систематизированный банк данных, позволяющий роботизированной системе в нем ориентироваться, в том числе отличать объекты внешнего мира и действовать самостоятельно (роботы третьего поколения). Это подводит нас к мысли, что проблема повышения уровня организации связана с развитием

и созданием технологических систем следующих поколений [5, 6, 17, 20].

Цель статьи – проанализировать, обобщить научные достижения и разработки по интегрированному проектированию энерго- и ресурсосберегающих гибких технологий и спрогнозировать инженерные и научные особенности проектирования комплексов, в том числе для получения напитков на основе растительного сырья и молочной сыворотки, в результате системного информационного обеспечения технологий, раскрывающих сущности явлений, процессов, состояний сырья и полуфабрикатов с учетом физико-химических, механо-химических, биофизических, биохимических закономерностей и нечетких причинно-следственных связей.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования мы приняли пищевую технологию системного комплекса. Эта система открытого типа, т. е. на нее могут оказывать влияние из вне. Так воздействие внешней среды приводит к тому, что в конечном итоге какие-то параметры конечной продукции получают отклонения от заданных, что является недопустимым. Согласно [7] отклонение параметров процессов за пределы допусков служит стимулом их возвращения в допуск. Это отклонение можно не допустить за счет профилактики его на дальних подступах к предприятию по переработке и к пищевым технологиям, т. е. при производстве сельскохозяйственной продукции. Это включает не только растительный мир, но и производство сырья животного происхождения. Поэтому необходимо рассматривать всю цепочку производства совместно: от получения сырья с заданными показателями качества до производства готовой продукции, удовлетворяющей заданным параметрам.

Результаты и их обсуждение

Комплекс систем, позволяющий в графическом виде представить структуру взаимодействия всей цепочки технологического потока от входного параметра до конечного продукта, представлен на рисунке 1 [8].

Такая интегрированная во времени и в пространстве аграрно-пищевая технология не является простым изменением масштаба. Это новый качественный уровень производства, когда происходит объединение технологий производства сельскохозяйственной продукции с технологиями ее переработки в готовый товар. Такая сквозная технология позволяет существенно повысить целостность всей технологической системы.

При этом нужно учитывать скачкообразность революционных и эволюционных периодов в диалектике пищевой технологии, включающих в

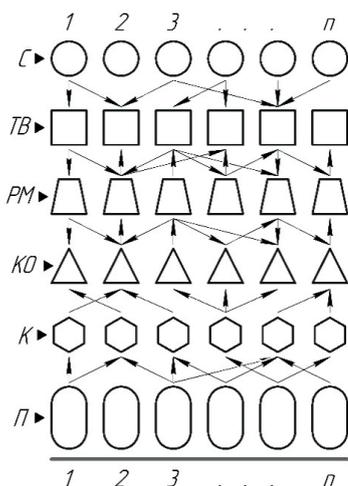


Рисунок 1. Принцип взаимодействия систем: среда – технологическое воздействие – операторы (TB – технологические воздействия; PM – операторы технологической операции; C – среда; KO – комплект оборудования; K – компоненты технологического потока; П – аппаратное оформление процесса; n – признаки элементов систем)

Figure 1. Principle of mutual interaction between systems: environment – technological impact – operators (TB – technological impacts; PM – operators of the technological operation; C – environment; KO – a set of equipment; K – components of the process stream; П – hardware design process; n – signs of system elements)

себя как развитие агропромышленного комплекса, так и развитие культуры и приоритетов в питании. Последнее связано с урбанизацией населения, рекламой, увеличением ассортимента товаров, изменением климата, характером работы, медицинскими показаниями и т. п. Анализ пищевых производств и технологий дает возможность произвести классификацию методов и процессов, используемых при изготовлении того или иного продукта, оценить его ассортимент, показатели качества продукта, производительность и объем производства.

На основании исследований производительности оборудования должны быть созданы математические модели, позволяющие оценивать их взаимосвязь с системной технологией. Это позволит моделировать как аппаратуру, так и технологию, и создать модернизированные операторные модели подсистем формирования продукта. Таким образом, могут быть созданы предпосылки для создания роботизированных машин и аппаратуры будущего, позволяющие регулировать физико-химические процессы на всех стадиях образования готового продукта.

Пищевые предприятия среднего бизнеса – это малотоннажные многоассортиментные предприятия, имеющие свою специфику. В тех случаях, когда необходим синтез системы универсального

технологического потока для малых предприятий, приближенных к производителю сельхозсырья, рационально преобладание многофункционального оборудования, дающего возможность, после незначительных переналадок, перерабатывать различные виды сельскохозяйственной продукции. При этом степень загруженности оборудования должна быть высокой. В задачи синтеза малотоннажного многоассортиментного производства входит определение ее структуры, подбор технологической схемы и рациональное (с экономической точки зрения) машинно-аппаратурное оформление. Синтез систем малых перерабатывающих сельскохозяйственных предприятий является структурно-параметрическим и не может проводиться без анализа сущности процессов, технологий, состояния сырья и полуфабрикатов на всех стадиях технологического потока с учетом физико-химических, биофизических и биохимических закономерностей, а также нечетких причинно-следственных связей между модулями [9].

При этом целесообразно построить технологические подсистемы в виде индивидуальных и совмещенных технологических блоков. Технологический поток может быть сформирован по принципу блочно-модульного компонования подобных технологических процессов и оборудования. Структурный синтез такого технологического потока невозможен без оптимальной декомпозиции технологических процессов по критерию аппаратно-машинной аналогии технологических этапов. Это предполагает широкое использование унификации, позволяющей значительно сократить затраты и сроки на освоение новой техники. Оптимизация многоассортиментного малотоннажного потока происходит на этапе параметрического синтеза по пути от системы процессов к системе аппаратов и машин. Эффективность такой гибкой технологической системы определяется качеством проектирования технологического процесса, который должен обеспечивать большую вероятность правильного ее функционирования даже при воздействии неблагоприятных факторов, вызванных преобладанием в ней (до 90 % всего оборудования) аппаратов периодического действия.

Процесс конструирования технологического потока выполняется полным перебором вариантов в ограниченном типом производства множестве. Процедуру синтеза технологического потока начинают с системно информационного обеспечения технологий, которое моделируется с помощью операторных моделей, являющихся графическим изображением системы процессов. Элементная база операторных моделей более консервативна и это позволяет строить типовые функционально-структурные модели.

Технологический поток, организованный в периодическом варианте, состоит из отдельных осуществляемых последовательно технологических стадий. Подсистемы его функционируют в соответствии с определенной технологией и схемой. Поэтому оптимизация технологического потока периодического действия означает одновременную оптимизацию расписания работы подсистем и объемы емкостей резервирования продукции на каждой стадии.

Первым этапом создания сложной вновь создаваемой системы на стадии проектирования производства любой группы продуктов является выбор базовой технологической схемы, которая включает в себя все используемые подсистемы для всей гаммы выпускаемых продуктов. Дезинтеграция технологического потока на индивидуальные и совмещенные периодического типа подсистемы позволяет универсализировать производство. При этом необходимо обеспечить реальную совместимость технологических процессов, реализуемых на индивидуальных и совмещенных схемах. Например, измельчение шрота, крахмала и сахара можно производить без дополнительной межоперационной обработки оборудования. При выпаривании сока свеклы и сока яблока между ними требуется мойка и обработка выжимного пресса, выпарного аппарата и другого сопутствующего ему оборудования и емкостей [10].

Модульная организация системы процессов технологии в периодическом варианте допускает значительный разброс технологических параметров в каждой подсистеме, входящей в различные технологические схемы, в которых каждая стадия процесса обладает относительной

самостоятельностью. Для определения сходства технологических потоков различных производств устанавливают на основе образного моделирования сходство составляющих их технологических подсистем, переходя к их рассмотрению с точки зрения системы процессов. Рассмотрим формирование технологического потока на примере агломерирования полидисперсных многокомпонентных структур (табл. 1), таких как гранулы, брикеты и т. п.

Для получения качественного продукта с заданными показателями качества необходимо четкое соблюдение режимных параметров, а также соответствие исходных свойств сырья заданным значениям. Данные воздействия на исходное сырье с целью получения качественного готового продукта может быть представлено следующим выражением:

$$\bar{S}(R, \sigma, \alpha, \beta, \gamma) \cdot \bar{V} = \bar{K} \cdot a \quad (1)$$

где R, β – обобщенные органолептические показатели качества (данные показатели также включают микробиологическую составляющую готового продукта);

\bar{S} – вектор-функция, описывающая распределение показателей качества;

σ – обобщенный показатель межпроцессовых или межмодульных связей;

α – показатель, характеризующий обобщенные физические, химические, физико-химические или иные свойства производимого продукта;

γ – показатель связи внутри производимого продукта (структурообразующие, заполняющие и т. д.) (табл. 1) [11];

\bar{V} – вектор условий эксплуатации или использования;

Таблица 1. Классификация дисперсных систем

Table 1. Classification of disperse systems

Признаки дисперсной структуры	Тип структуры дисперсной системы			
	Форма частиц	Изометрическая структура		Анизометрическая структура
Шарообразная $v = 1$		Пластинчатая $v \ll 1$	Игольчатая $v \gg 1$	
Размер частиц	Монодисперсная структура $\psi_1 = \psi_2 = \psi_3 = 1$			
	Полидисперсная структура $\psi_1 \neq 1, \psi_2 \neq 1, \psi_3 \neq 1$			
	Грубо-дисперсная $a > 10^{-3}$ см	Тонко-дисперсная $10^{-3} > a > 10^{-5}$ см	Коллоидная $10^{-5} > a > 10^{-7}$ см	Надмолекулярная $a < 10^{-7}$ см
	Частицы не участвуют в броуновском движении		Частицы участвуют в броуновском движении	
Расположение частиц в объеме	Изотропная структура		Ортотропная структура	Анизотропная структура
Плотность	Сильно разбавленная структура $0 < K_T < 0,25$	Рыхлая структура $0,25 < K_T < 0,50$	Плотная структура $0,50 < K_T < 0,75$	Очень плотная структура $0,75 < K_T < 1,00$
Агрегатное состояние	Структура I рода – частицы не взаимодействуют друг с другом		Структура II рода – частицы образуют агрегаты	Структура III рода – агрегаты образуют флоккулы
Изменчивость параметров	Стационарная (неразвивающаяся) структура		Развивающаяся структура	

a – множество методов, используемых в совокупном технологическом процессе формирования гранулы;

\bar{K} – вектор состояния.

Отсюда можно предложить алгоритм расчета комбинированных физико-химических и физико-механических методов на основе вектора внешнего воздействия (рис. 2).

Более подробно рассмотрим работу алгоритма, представленного на рисунке 2.

Подсистема 1 содержит исходные данные. В данной подсистеме выбирается исходное сырье из анализа требуемого конечного продукта и его структурно-механических и микробиологических параметров.

Подсистема 2 содержит математическое описание изменений структурно-механических и физико-химических свойств продукта на всей технологической линии. Данная подсистема характеризуется вектором \bar{S} . Подсистема состоит из четырех элементов: первый элемент описывает изменение геометрических и микробиологических параметров объекта в течении его производства; второй элемент характеризует изменение фазовых характеристик объекта; третий элемент описывает тепло- и массообменные процессы, протекающие в объекте; четвертый элемент описывает создаваемые напряжения.

Подсистема 3 включает в себя промежуточные технологические операции, обусловленные заданной рецептурой производства дисперсных систем, которые задаются вектором \bar{S} .

Подсистема 4 позволяет описать закономерности изменения структуры элемента при обобщенном воздействии на него заданных факторов.

Подсистема 5 включает в себя выходные параметры Z , которые включают в себя свойства

готовой продукции: структурно-механические, физико-химические и микробиологические.

Подсистема 6 включает в себя функцию проверки полученных параметров готовой продукции с заданными показателями. Данная величина характеризуется вектором \bar{K} . Если значение заданного параметра выходит из поля допуска, то необходимо изменить вектор \bar{K} .

В подсистеме 7, в зависимости от конкретного метода, происходит разделение вектора \bar{K} на составные элементы, которые должны быть структурированы в пространстве и времени.

Подсистема 8 применяет значения каждого конкретного вектора K_i в управление параметрами конкретного технологического процесса.

Подсистема 9 необходима для изменения \bar{K} с помощью градиентного метода с целью достижения необходимых свойств продукта.

Подсистема 10 связывает между собой параметры структуры гранулы \bar{S} с вектором внешнего воздействия \bar{K} . Это сравнение происходит на основании изначально полученных эмпирическим путем необходимых коэффициентов.

Подсистема 11, как и подсистема 10, позволяет производить сравнительный анализ \bar{S} с вектором \bar{Z} . Данная подсистема позволяет использовать приближенные зависимости, представляющие из себя критерии технологического воздействия в теоретических расчетах, для разработки системы технологического потока.

Подсистема 12 включает в себя функцию проверки полученных параметров.

В подсистемах 13 и 14 используются параметры модельного продукта (в нашем случае гранулированного или брикетированного).

Задача формирования продукта с заданными параметрами качества сводится к определению влияния внешних воздействий при их взаимодействии с потоками, которые и формируют векторное состояние технологического потока. Согласно

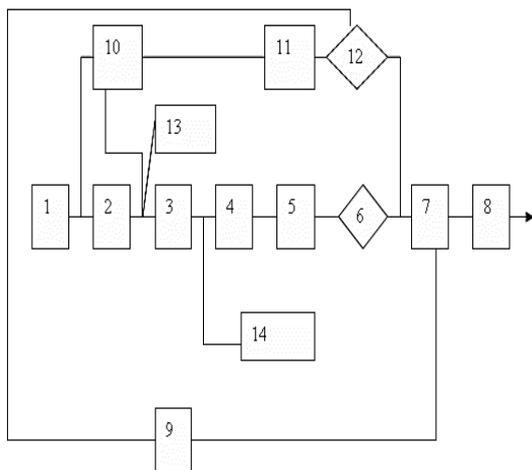


Рисунок 2. Алгоритм расчета комбинированного физико-химического и физико-механического метода

Figure 2. Algorithm for combined physicochemical and physicomechanical method

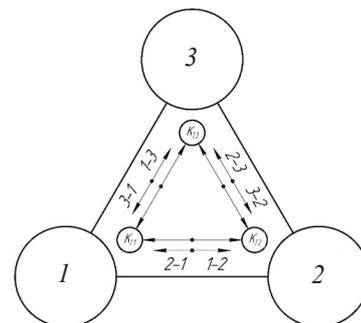


Рисунок 3. Общая схема возможных взаимопревращений:

1 – коагуляционная структура; 2 – конденсационная структура; 3 – кристаллизационная структура

Figure 3. General scheme of possible interconversions: 1 – coagulation structure; 2 – condensation structure; 3 – crystallization structure

Таблица 2. Возможные взаимопревращения структур

Table 2. Possible structural interconversions

Тип перехода	Система, вещество	Условия перехода	Уровень изменения объемной концентрации твердой фазы
1→2	Гранула, брикет (Т-Ж-Г)	Формообразование	$K_{T1} > 0,4; K_{T2} < 0,8$
2→1	Гранула, брикет (Т-Ж-Г)	Увлажнение, нагрев	$K_T \approx 0,4-0,7$
2→3	(Т-Г)	Сушка	$K_{T3} \approx 0,85-1$
3→2	$\beta\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	Полиморфный переход $\beta\text{-}C_2S \rightarrow \gamma\text{-}C_2S$	$K_{T3} = 1; K_{T2} \approx 0,9$
3→1	Парафин, кристаллогидраты	Нагревание	$K_{T3} = 1; K_{T1} \approx 0,95$
1→3	Парафин, кристаллогидраты	Охлаждение	
2←1→3	Концентрированная сыворотка	Нагрев-охлаждение	$K_{T1} > 0,4; K_{T3} = 0,8-0,9$
1←2→3	Водосолевые системы	В зависимости от начального агрегатного состояния и количества введенной воды	
2←3→1	Водосолевые системы		

данному методу математическая модель должна описывать параметры вектора, характеризующие параметры структуры полидисперсного продукта. Анализ формуемости дисперсных систем сводится к определению фазовых изменений в условиях энергетического баланса и перераспределения энергии (рис. 3, табл. 2). Эти зависимости являются составной частью подсистемы 2 (рис. 2) [12].

Формуемость полидисперсных систем сводится к рассмотрению распределения трех составляющих величин, а именно твердое (K_T) – жидкое (K_J) – газообразное (K_G). Сумма коэффициентов равна 1. Формирование структур описывается обобщенными уравнениями, включающими режимные и энергетические параметры процесса.

Для каждого исходного сырья применимы свои методы гранулирования, т. к. от их свойств зависит какие энергетические характеристики процесса будут необходимы в процессе агломерирования. При выборе способа гранулирования, как и других систем машинно-аппаратурного оформления процессов, необходимо произвести анализ трех составляющих: применимости данного аппаратурного оформления; заданных показателей качества; технико-экономического обоснования. В конечном итоге только эффективное производство может быть достаточно конкурентоспособным [13]. Для определения критерия применимости того или иного способа гранулирования используют выражение:

$$K_m = f(M_d; \Phi_d; D_d; I_d; H_d; \sum_{i=1}^m T_i) \quad (2)$$

где M_d – материал;

Φ_d, D_d – форма и диаметр гранулы;

I_d – влажность гранул; H_d – режимно-конструкционные параметры;

$\sum_{i=1}^m T_i$ — совокупность технологических особенностей данного способа.

Для определения тех или иных параметров необходимо задаться коэффициентом качества, который можно рассчитать по формуле:

$$K_d = K_I \cdot K_B \cdot K_C \quad (3)$$

где K_I, K_B, K_C – коэффициенты, которые описывают качество после выхода из смесителя, структурообразователя и сушки.

С целью определения эффективности производства необходимо провести структурный анализ между технико-экономическими и качественными показателями, который может быть выражен следующим образом:

$$C_B \geq K_d \cdot C_H \quad (4)$$

где C_B – стоимость варианта 1;

C_H – стоимость варианта 2.

Принцип дезинтеграции сложной системы по модулям дает возможность независимой их разработки, с последующей сборкой из них, в зависимости от цели и с учетом производительности и показателей качества, различных структур технологических потоков. Это позволяет представить в виде этапов процесс синтеза операторной модели любого производства:

- определить цель моделирования системы;
- задать признаки, характеризующие как саму систему, так и системообразующие элементы;
- сформировать иерархию системы.

При определении признаков создаваемой системы малотоннажного многоассортиментного производства и подсистем, составляющих ее, проводят предпроектный анализ методов формирования такого типа производств в смежных отраслях. Например, химическая и легкая промышленности [14, 15]. Это позволяет разработать их технологические схемы по аналогии с имеющимися прототипами. При наличии нескольких аналогов устанавливается критерий отбора (экономический, аппаратный, качественный и т. д.).

В этой связи чрезвычайно актуальной является проблема научно-технического прогнозирования, ориентированного на положения шестого

технологического уклада в АПК России, в научно-исследовательских организациях Отделения сельскохозяйственных наук РАН и вузах сельскохозяйственного и пищевого профилей, а также работ по научно-техническому прогнозированию технологий и техники. Научно-техническое прогнозирование заключается в поиске пути развития агропромышленного комплекса, где на основе научных изысканий строится техническая база. При этом перед научно-техническим прогнозированием стоят следующие задачи, требующие решения: разработка принципов, на которых будет базироваться новая технология с аппаратурным оформлением нового поколения; сравнительный анализ и поиск альтернатив разрабатываемых технологий; формирование параметрических рядов разрабатываемых линий; определение проблем как в техническом плане, так и в организационном, решение которых поможет в создании новых технологий производства.

Стоит отметить, что наиболее важную роль в поиске пути совершенствования технологий и техники играет определение приоритетных направлений. Поиск приоритетных направлений включает определение тенденций в перспективах данного направления, которые основываются на научно-технических изысканиях существующих технологий с учетом глубокого анализа и дальнейших прогнозов. Научно-техническое прогнозирование является вероятностной оценкой, которая рассматривает пути совершенствования технологий и, анализируя их между собой, делает заключение о перспективности тех или иных направлений.

Однако ранее намеченный путь развития может изменяться в зависимости от появления новых научных исследований, экономических составляющих или иных внешних факторов. Поэтому на практике применяют системы непрерывного прогнозирования. Данная система заключается в создании базы данных куда поступает информация о научно-техническом прогрессе, экономических предпосылках и т. д. Также в этой системе не обходится без специалистов, способных систематизировать и проводить глубокий анализ получаемых данных, на основе которого можно вводить определенные коррективы в дальнейшие пути развития технологий. Данный метод позволяет на ранних стадиях определить заведомо ложный путь развития технологий и техники [16]. Прогноз на развитие техники или технологии заключается в определении следующих элементов:

– определяется срок прогнозирования. Чем больше срок прогнозирования, тем меньше его точность, поскольку в процессе работы применяются коррективы на основе вновь поступающих данных, что невозможно предвидеть заранее и заложить на долгую перспективу;

– прогнозируется ситуация не только конкретной технологии, но и всей отрасли в целом, что позволяет увидеть всю картину перспективного развития и более точно установить приоритеты;

– прогнозируются качественные и количественные характеристики объекта. Данная оценка производится в числовой форме с целью появления возможности проведения сравнительного анализа вновь разрабатываемых технологий;

– устанавливается вероятностно-статистическая величина, позволяющая предварительно оценить возможность достижения указанной цели в приоритетном направлении в установленные сроки, указанные в первом элементе.

На данный момент существуют разные методы для проведения прогнозирования развития как отдельных единиц, так и линий и отраслей в целом. Все эти методы имеют свои преимущества и недостатки [17]. Непосредственно применимо к пищевой промышленности наиболее эффективным методом для совершения строения прогнозов развития является инженерное прогнозирование. Данный метод основывается на работах В. Г. Гмошинского и Г. И. Флиорента и позволяет производить анализ существующих технологий и техники, а также осуществлять сравнительную оценку с мировым уровнем [18, 19]. Инженерное прогнозирование позволяет охарактеризовать уровень развития техники и технологий как мировой, так и отдельного государства или области. В данном методе используется информация полученная из НИР и ОКР, которая может быть представлена научными статьями в периодических изданиях, монографиями, документами на интеллектуальную собственность, диссертационными работами и т. д. Далее производится анализ полученной информации, который позволяет осуществить перевод качественного описания того или иного объекта в количественную оценку. На ее основании можно производить прогнозирование развития техники и технологий, используя параметрическую и непараметрическую оценку. Данная методика является многовариантной, т. е. на инженерный прогноз влияет множество факторов, а именно экономическая обстановка как в отдельном государстве, так и мире в целом, потребности общества, темпы поступления новой информации о научных и технических исследованиях и разработках. Все эти параметры должны быть учтены при осуществлении прогноза развития техники и технологий. Данная методика основана на информации получаемой из различных источников. Следовательно, должна быть критериальная оценка, позволяющая выявлять весомость тех или иных исследований, их применимость на практике и т. д. Метод инженерного прогнозирования обладает достаточной надежностью, точностью и невысокой

Таблица 3. Макет Генеральной определительной таблицы

Table 3. Layout of the key table

Характеристика, i	Позиция, p	Оценка (балл), $j(i)$	Оценка с учетом весомости характеристики
i_1	p_1	1	$1\phi(i_1)$
	p_2	2	$2\phi(i_1)$
	p_3	3	$3\phi(i_1)$
	p_n	n	$n\phi(i_1)$
i_2	p_1	1	$1\phi(i_2)$
	p_2	2	$2\phi(i_2)$
	p_3	3	$3\phi(i_2)$
	p_n	n	$n\phi(i_2)$
i_n	p_1	1	$1\phi(i_n)$
	p_2	2	$2\phi(i_n)$
	p_3	3	$3\phi(i_n)$
	p_n	n	$n\phi(i_n)$

сложностью, что и приводит к его распространению в области прогнозирования агропромышленного комплекса.

Методика данного метода заключается в следующем. Изначально составляется генеральная определительная таблица (табл. 3), в которой указываются необходимые требования количественном значении для требуемой технологии.

После определения характеристик технологии или конкретной техники производится оценка каждой из характеристик с последующим вычислением весомости каждой из этих характеристик по следующему выражению:

$$\phi(i) = i/2^{i-1} \quad (5)$$

Например, для технологии, рассчитанной по пяти характеристикам, будут следующие значения весомости: [$\phi(i_1)= 1$; $\phi(i_2)= 1$; $\phi(i_3)= 0,75$; $\phi(i_4)= 0,50$; $\phi(i_5)= 0,31$]. Наиболее часто используемые в настоящее время характеристики для проведения оценки технологии в АПК следующие:

i_1 – способы переработки и получения готового продукта;

i_2 – применимость в той или иной технологии способов производства, обоснованных теоретически обоснованных методов;

i_3 – уровень внедрения мехатронных модулей в технологические линии, т. е. уровень механизации человеческого труда и применения электронных систем с целью автоматизации механических процессов;

i_4 – экологические условия производства и его опасность;

i_5 – лицензионно-конъюнктурный фактор.

Также в методе инженерного прогнозирования могут использоваться и другие характеристики. После прописывания генеральной определительной таблицы по пяти позициям производится определение количественной оценки уровня развития технологии

или другого исследуемого объекта по следующему выражению:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n \phi(i) \times j(i)}{n \sum_{i=1}^n \phi(i)} \quad (6)$$

Из выражения видно, что качественная оценка представляет собой соотношение суммы оценок всех характеристик исследуемого объекта к сумме максимально возможных оценок того же объекта. После этого можно произвести вывод об объекте. Количественная оценка выглядит следующим образом:

– при значении $K = 0,8 \div 1$ технология (или иной объект) будет считаться весьма перспективным;

– при значении $K = 0,6 \div 0,79$ технология считается перспективной;

– при значении $K = 0,4 \div 0,59$ технология считается малоперспективной;

– при значении $K = 0,2 \div 0,39$ технология считается не перспективной.

Рекомендации по реализации этого метода и примеры инженерного прогнозирования технологий, отдельных процессов, а также конструкций машин, аппаратов, биореакторов и поточных линий в целом приведены в [20].

Выводы

Шестой технологический уклад в АПК подразумевает внедрение новых прогрессивных технологий не только в сферу получения исходного сырья, но и в его переработку. На данном этапе развития появляется как в зарубежных, так и в отечественных источниках, информация о новых научно-технических разработках, позволяющих совершить переход к шестому укладу. Для совершенствования этого эволюционного действия необходимо четкое прогнозирование дальнейшего развития, которое может быть осуществлено, опираясь на научные изыскания в данной сфере. Это должно в конечном итоге снизить риски при переходе на более высокую ступень организации производства в АПК.

Выполнение таких изысканий, которые и составляют сущность научно-технического прогнозирования, есть работа, требующая высококвалифицированных исполнителей. Она должна быть обеспечена бюджетным финансированием. В противном случае мы останемся на обочине мирового научно-технического прогресса в производстве продуктов питания.

Критерии авторства

А. Л. Майтаков – руководство проектом.
А. А. Сарафанов – проведение исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

A.L. Maytakov supervised the project.
A.A. Sarafanov conducted the research.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Khramtsov, A. G. Paradigm of postgenomic conception on milk science lactomics formation / A. G. Khramtsov, S. A. Ryabtseva, P. G. Nesterenko // *Foods and Raw Materials*. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 14–22. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-14-22>.
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. Майтаков, А. Л. Моделирование и многокритериальный синтез производства гранулированных пищекокцентратов: монография / А. Л. Майтаков. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2017. – 223 с.
4. 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>.
5. 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>.
6. 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>.
7. 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>.
8. Попов, А. М. Физико-химические основы технологии полидисперсных гранулированных продуктов питания / А. М. Попов. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2002. – 324 с.
9. 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>.
10. 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. DOI: <https://doi.org/10.17277/vestnik.2017.03.pp.452-460>.
11. 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>.
12. Храмов, А. Г. Вторичные сырьевые ресурсы молочной промышленности и пути их рационального использования в условиях рыночной экономики / А. Г. Храмов // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. – 1999. – Т. 252–253, № 5–6. – С. 14–17.
13. 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>.
14. 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>.
15. 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. DOI: <https://doi.org/10.14529/food170406>.
16. 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>.
17. Panfilov, V. A. Engineering of complex technological systems in the agroindustrial complex / V. A. Panfilov, S. P. Andreev // *Foods and Raw Materials*. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 23–29. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-23-29>.
18. 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>.

19. Инновационное развитие техники пищевых технологий / С. Т. Антипов, А. В. Журавлев, Д. А. Казарцв [и др.]. – СПб. : Лань, 2016. – 660 с.
20. Панфилов, В. А. Диалектика системного развития технологий аграрно-промышленного комплекса / В. А. Панфилов // *Индустрия питания*. – 2016. – Т. 1, № 1. – С. 21–24.

References

1. Khramtsov AG, Ryabtseva SA, Nesterenko PG. Paradigm of postgenomic conception on milk science lactomics formation. *Foods and Raw Materials*. 2018;6(1):14–22. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-14-22>.
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. Maytakov AL. Modelirovanie i mnogokriterial'nyy sintez proizvodstva granulirovannykh pishchekonsentratov: monografiya [Modeling and multicriteria synthesis of the production of granular food concentrates: monograph]. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2017. 223 p. (In Russ.).
4. 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>.
5. Popov AM, Plotnikov KB, Donya DV. Determination of dependence between thermophysical properties and structuraland-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>.
6. 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/tcct.20186103.5612>.
7. 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>.
8. Popov AM. Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii polidispersnykh granulirovannykh produktov pitaniya [Modeling and multicriteria synthesis of the production of granular food concentrates: monograph]. Novosibirsk: Siberian University Publishing House; 2002. 324 p. (In Russ.).
9. 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>.
10. Sevostyanov MV, Ilyina TN, Boichuk IP, Perelygin DN, Koshchukov AV, Emelyanov DA. Pneumatic mechanical equipment for microgranulation of manmade materials. *Transactions of the Tambov State Technical University*. 2017;23(3):452–460. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17277/vestnik.2017.03.pp.452-460>.
11. 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>.
12. Khramtsov AG. Vtorichnye syr'evye resursy molochnoy promyshlennosti i puti ikh ratsional'nogo ispol'zovaniya v usloviyakh rynochnoy ehkonomiki [Secondary raw materials of the dairy industry and their rational use in a market economy]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaya tekhnologiya* [News of higher educational institutions. Food technology]. 1999;252–253(5–6):14–17. (In Russ.).
13. 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>.
14. 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>.
15. 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.). DOI: <https://doi.org/10.14529/food170406>.
16. 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/10.1879/924131830/2019/4/197>.
17. Panfilov VA, Andreev SP. Engineering of complex technological systems in the agroindustrial complex. *Foods and Raw Materials*. 2018;6(1):23–29. DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-23-29>.
18. 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>.

19. Antipov ST, Zhuravlev AV, Kazartsev DA, Mordasov AG, Ovsyannikov VYu, Panfilov VA, et al. Innovatsionnoe razvitiye tekhniki pishchevykh tekhnologiy [Innovative development of food technology]. St. Petersburg: Lan; 2016. 660 p. (In Russ.).

20. Panfilov VA. The dialectic of the systematic agribusiness industry technologies development. Food Industry. 2016;1(1):21–24. (In Russ.).

Сведения об авторах

Майтаков Анатолий Леонидович

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: may585417@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0714-204X>

Сарафанов Александр Александрович

канд. техн. наук, научный сотрудник НИЛ рекреационных исследований, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, 1, e-mail: alexsarafanov@mail.ru

Information about the authors

Anatolij L. Maytakov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Automation of Production Processes and Automatic Control Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: may585417@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0714-204X>

Aleksandr A. Sarafanov

Cand.Sci.(Eng.), Research of the Research Laboratory of Recreational Studies, Lomonosov Moscow State University, 1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia, e-mail: alexsarafanov@mail.ru

Моделирование мехатронных систем производства инстантированных напитков с добавлением амарантовой муки

А. М. Попов¹, К. Б. Плотников^{1,*}, П. П. Иванов¹, Д. В. Доня¹,
С. Г. Пачкин¹, И. О. Плотникова²



¹ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

² ГПОУ «Кемеровский коммунально-строительный техникум»
имени В. И. Заузелкова,

650070, Россия, г. Кемерово, ул. Тухачевского, 23А

Дата поступления в редакцию: 21.10.2019

Дата принятия в печать: 29.05.2020

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



© А. М. Попов, К. Б. Плотников, П. П. Иванов, Д. В. Доня, С. Г. Пачкин, И. О. Плотникова, 2020

Аннотация.

Введение. В условиях высокой конкуренции на мировом рынке в области производства инстантированных напитков возникает необходимость введения новых мехатронных систем, основанных на определении режимов процесса, его анализе и подборе рациональных параметров, что существенно повысит уровень производства готовой продукции. Цель работы – разработка мехатронных систем в линии производства инстантированных напитков с добавлением муки амаранта на участке гранулирования.

Объекты и методы исследования. Была выбрана линия производства инстантированных гранулированных напитков с добавлением муки амаранта, а именно участок гранулирования. В процессе гранулирования в барабанных виброгрануляторах наблюдается нестабильный гранулометрический состав. Это связано с неравномерным перемешиванием сухих сыпучих компонентов со связующим раствором. Для решения данной проблемы можно использовать мехатронный модуль для создания которого необходимо знать условия протекания процесса.

Результаты и их обсуждение. В работе были определены удельные энергозатраты на проведение процесса гранулирования в новой конструкции барабанного виброгранулятора, что позволило определить рациональные параметры процесса. С целью поддержания данных параметров и повышения качества готовой продукции необходимо, чтобы при изменении показаний мощности, затрачиваемой двигателем месильного органа, происходила регулировка расхода связующего раствора, что позволит стабилизировать систему. В связи с малым значением этого параметра его прямое регулирование технически невозможно. Для регулирования процесса предложена структурная схема многоконтурной каскадной системы автоматического регулирования качества смеси. При этом регулирование уровня с достаточной точностью возможно с помощью клапана, установленного на трубопроводе подачи связующего раствора в напорную емкость.

Выводы. В результате проведенных исследований появляется возможность создания мехатронного модуля барабанного виброгранулятора, в котором показатели качества получаемой смеси, оцениваемые величиной затрачиваемой мощности двигателем месильного органа, будут определяться уровнем связующего раствора в напорной емкости.

Ключевые слова. Моделирование, мехатроника, амарант, мука, инстант, структурообразование, энергозатраты, грануляция, сегрегация

Для цитирования: Моделирование мехатронных систем производства инстантированных напитков с добавлением амарантовой муки / А. М. Попов, К. Б. Плотников, П. П. Иванов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 273–281. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-273-281>.

Original article

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

Instant Drinks with Amaranth Flour: Simulation of Mechatronic Systems of Production

A.M. Popov¹, K.B. Plotnikov^{1,*}, P.P. Ivanov¹, D.V. Donya¹,
S.G. Pachkin¹, I.O. Plotnikova²

¹ Kemerovo State University,
6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

Received: October 21, 2019
Accepted: May 29, 2020

² V.I. Zauzelkov Kemerovo Municipal Construction College,
23A, Tukhachevskogo Str., Kemerovo, 650070, Russia

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



© A.M. Popov, K.B. Plotnikov, P.P. Ivanov, D.V. Donya, S.G. Pachkin, I.O. Plotnikova, 2020

Abstract.

Introduction. The world market of instant drinks is a highly competitive environment. New mechatronic production systems can help food companies maintain their competitiveness: they determine process modes, analyze them, and choose the optimal parameters, thus increasing the efficiency of the whole food enterprise. Another problem is the low biological and nutrient value of the finished product. New biologically active instant drinks could solve the problem that occurs in conditions of unsocial hours and unbalanced diet. Products of plant origin contain a lot of useful substances. Amaranth flour increases the biological value of the final products. The research objective was to develop mechatronic systems that could be used to produce instant drinks fortified with amaranth flour at the granulation stage.

Study objects and methods. The present research featured a new line of production of instant granular drinks fortified with amaranth flour. The study focused on the granulation section. A drum vibro-granulator with controlled segregated flows was used to make a hardware design of the granulation process. The granulation process often demonstrates an unstable particle size distribution, which is associated with non-uniform mixing of the dry bulk components with the binder solution. A mechatronic module can solve this problem. However, it requires detailed information about the process conditions.

Results and discussion. The research determined the specific energy consumption on the operating and design parameters for the granulation process in the new drum vibro-granulator. The experiment made it possible to obtain the optimal process parameters and improve the quality of the finished product. The flow rate of the binder solution depended on the readings of the power consumed by the kneading body engine, which stabilized the system. The value of this parameter is so small that its direct regulation is technically impossible. The paper introduces a block diagram of a multi-circuit cascade system to control the quality of the mixture automatically. The authors installed a valve on the pipeline that feeds the binder fluid in the pressure tank. The valve made it possible to control the process with sufficient accuracy.

Conclusion. In the new mechatronic module of the drum vibro-granulator, the quality indicators of the resulting mix depend on the amount of power consumed by the kneading body engine and on the level of the binder solution in the pressure vessel.

Keywords. Modeling, mechatronics, amaranth, flour, instant, structure formation, energy consumption, granulation, segregation

For citation: Popov AM, Plotnikov KB, Ivanov PP, Donya DV, Pachkin SG, Plotnikova IO. Instant Drinks with Amaranth Flour: Simulation of Mechatronic Systems of Production. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):273–281. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-273-281>.

Введение

Обеспеченность населения полезным и здоровым питанием, а также решение проблемы продовольственной безопасности является одной из ключевых задач каждого государства. Здоровое и сбалансированное питание было и остается одной из самых важных задач как в социально-экономическом, так и в медицинском аспектах. Рациональное питание для людей в разных странах отличается как по своему характеру, так и по направленности, зависит от уровня и конкретных условий проживания, национальных традиций и привычек. Это связано с растительным и животным сырьем, которое получают в конкретном регионе на протяжении длительного времени [1, 2].

В современных условиях занятости населения не всегда удается соблюдать правильное и сбалансированное питание, которое восполняло бы полностью потребности организма в витаминах и минералах. Человеческий организм не способен к накоплению полезных веществ, что приводит к необходимости регулярного восполнения организма витаминами и минералами [2]. Огромное количество практически всех необходимых для организма

веществ содержится в продуктах растительного происхождения [2, 3].

Использование амарантовой муки резко повышает биологическую ценность продуктов. В качестве продукта был выбран инстантированный напиток с добавлением муки амаранта. С целью улучшения качества готовой продукции необходимо подобрать рациональные параметры процесса, что позволит решить задачу технологического потока. Однако в процессе структурообразования в барабанном виброгрануляторе может наблюдаться не полное агломерирование или повышенное содержание связующего раствора. Неполное гранулирование приводит к нестабильному дисперсному составу. Следовательно, в процессе транспортировки и реализации инстантированного продукта может наблюдаться процесс сегрегации, что отрицательно сказывается на физико-механических свойствах готового напитка. Решить эту проблему становится возможным при определении рациональных параметров процесса и установкой мехатронных систем для регулирования работы машины и повышения качества готовой продукции [4].

Целью работы была разработка мехатронных систем в линии производства инстантированных

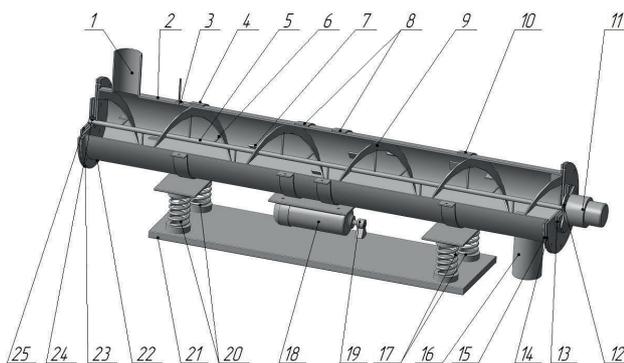


Рисунок 1. Барабанный виброгранулятор: 1 – загрузочный патрубок; 2 – обечайка; 3 – форсунка; 4, 10 – хомут опоры; 5 – вал; 6 – стержень; 7 – лопатка; 8 – хомут опоры вибровозбудителя; 9 – ленточная мешалка; 11 – двигатель привода ленточной мешалки; 12, 24 – подшипник скольжения; 13, 25 – крышка сквозная; 14, 23 – крышка; 15, 22 – фланец; 16 – разгрузочный патрубок; 17, 20 – пружина сжатия; 18 – двигатель вибровозбудителя; 19 – дебаланс; 21 – основание

Figure 1. Drum vibro-granulator: 1 – loading nozzle; 2 – shell; 3 – nozzle; 4, 10 – support clamp; 5 – shaft; 6 – plu; 7 – scapula; 8 – clamp exciter support; 9 – belt mixer; 11 – belt drive motor; 12, 24 – joint bearing; 13, 25 – flow-through lid; 14, 23 – cover; 15, 22 – flange; 16 – discharge pipe; 17, 20 – compression spring; 18 – vibration exciter motor; 19 – eccentric mass; 21 – base

напитков с добавлением муки амаранта на участке гранулирования.

Объекты и методы исследования

В результате анализа литературно-патентного обзора была предложена новая конструкция барабанного виброгранулятора (БВГ), которая подверглась исследованию основных характеристик и сравнительному анализу с существующими моделями грануляторов на предмет конкурентоспособности [5–9]. Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 1.

Основные геометрические параметры установки следующие: внутренний диаметр обечайки – 0,144 м; длина рабочей части корпуса – 1 м; диаметры входного и выходного патрубков для продукта – 0,050 м. Детали корпуса и рабочего органа (обечайка, фланцы, крышки, ленточная мешалка) с целью визуального наблюдения за ходом процесса структурообразования были изготовлены из plexiglas GS и plexiglas XT. Так как усилие на подшипники скольжения 12 и 24 было не велико, то последние изготавливались из фторопласта-4, обладающего высоким коэффициентом трения и способным работать без смазки при невысоких нагрузках и скоростях.

БВГ работает следующим образом. Исходная смесь сыпучих компонентов подается в обечайку 2, установленную на четырех пружинах сжатия 17 и 20, через загрузочный патрубок 1. В результате

предварительных испытаний был установлен угол наклона корпуса БВГ к горизонтальной плоскости, который составил 3°. Вибровозбудитель дебалансового типа с набором сменных дебалансов 19 жестко соединен с корпусом БВГ с помощью хомутов. Благодаря этому смесь сыпучих компонентов и формирующихся гранул переводится в виброожиженное состояние и перемещается в сторону разгрузочного патрубка 16.

Связующий раствор через форсунку капельного типа 5 подается на поверхность виброожиженного слоя. На рисунке 2 изображен сегмент установки с упрощенным изображением структурообразования в машине. В зоне распыла связующего раствора 1 под действием вибрационного поля происходят соударения частиц исходной сыпучей смеси со связующим раствором и между собой. Это приводит к формированию гранул. В результате агломерирования частиц образуются структуры разных размеров, которые обладают разной потенциальной энергией. В зоне перераспределения частиц по размерам частицы больших размеров поднимаются на поверхность образовавшегося слоя. При их перемещении из центрального слоя к поверхности происходят множественные соударения с другими частицами, что приводит к их росту. Частицы меньшего размера, обладая большей подвижностью, движутся в область, которая соответствует минимуму потенциальной энергии. Другими словами, она подсыпается под сформированные более крупные гранулы [3, 4].

С целью разработки мехатронного модуля необходимо выяснить зависимость энергозатрат на проведение процесса гранулирования от режимных параметров. Полные энергозатраты N на работу БВГ являются совокупностью затрат энергии на привод вибровозбудителя и перемешивающего механизма. При условии подачи связующего раствора с помощью насосов в форсунку затраты на работу двигателя

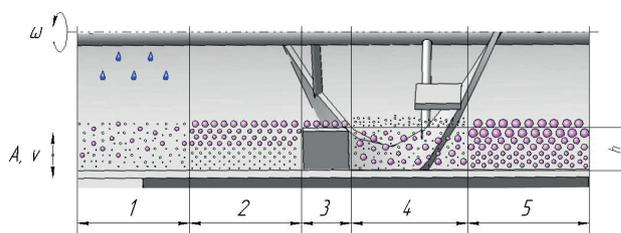


Рисунок 2. Схема сегмента БВГ: 1 – зона распыла связующего раствора; 2 – зона перераспределения частиц по размерам; 3 – зона захвата и подъема несформированных гранул; 4 – зона активного перемещения гранул; 5 – зона перераспределения частиц по размерам

Figure 2. Scheme of the vibro-granulator segment: 1 – spray zone of the binder solution; 2 – redistribution of particles by size; 3 – capture and lifting of unformed granules; 4 – active movement of granules; 5 – redistribution of particles by size

Таблица 1. Условия проведения эксперимента по определению процесса агломерирования

Table 1. Conditions of the agglomeration process experiment

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

насоса на два порядка ниже затрат на работу гранулятора [10–12]. Следовательно, их можно исключить из расчетов определения энергозатрат с минимальной погрешностью.

Затраты энергии на совершение механической работы определялись следующим образом. Устанавливалась необходимая частота ленточной мешалки и привода вибровозбудителя. Измерение частоты вращения валов двигателями 11 и 18 (рис. 1) осуществляли тахометром магнитоиндукционным ТЭ-4В, частота вращения периодически проверялась тахометром часового типа ТЧ-10Р (класс точности 1). Мощность, затрачиваемая электродвигателями, снималась с ваттметра Д5065 (классом точности 0,2 по ГОСТ 8476-78) на холостом ходу N_x (без подачи продукта в машину) и в рабочем режиме N_p (с подачей дисперсной среды и связующего раствора).

Значение затрат энергии на холостом ходу показывает потери в подшипниковых узлах (позиция 12 и 24) на трение ленточной мешалки 9 о внутреннюю поверхность обечайки и на гашение сил инерции в виброопорах. Разность показателей ваттметров на холостом ходу и в рабочем режиме дает затраты энергии на механическую работу установки, которая включает в себя потери энергии на подъем и опрокидывание гранул, переводение дисперсного слоя в виброоживленное состояние, транспортировку гранул к разгрузочному патрубку, перемешивание вновь образованных гранул с дисперсной средой.

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

Результаты и их обсуждение

Сравнительный анализ затрат энергии на проведение процесса гранулирования (подъем и опрокидывание гранул, окатывание гранул, сегрегацию сформированных частиц), которые условно обозначены как «полезные затраты» и механические затраты (потери энергии в подшипниках, соединительных муфтах, на трение мешалки о внутреннюю поверхность корпуса). В

общем виде механические затраты энергии можно представить:

$$N_M = N_{КПД} + N_{П} \quad (1)$$

Из графика (рис. 3) видно, что «полезные затраты» составляют не более 28 % от механических. Причем при увеличении частоты колебаний, амплитуды и частоты вращения мешалки «полезные затраты» снижаются до 22 %. Физико-химические свойства связующего раствора оказывали невысокое влияние на энергозатраты БВГ и составляли 0,3–1 %.

Обработка экспериментальных данных по механическим затратам энергии позволила получить экспериментально-статистическую модель, выходным параметром (Y_3) которой являлись механические затраты энергии N_M .

$$Y_3 = 49,5 + 9,63 \cdot X_1 + 0,25 \cdot X_2 + 8 \cdot X_3 + 0,75 \cdot X_4 - 0,0001 \cdot X_5 - 1,4 \cdot X_6 - 0,1 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,74 \cdot X_1 \cdot X_4 - 1,23 \cdot X_3 \cdot X_5 \quad (2)$$

Коэффициент корреляции равен $R = 0,98$. В результате анализа уравнения (2) можно сделать

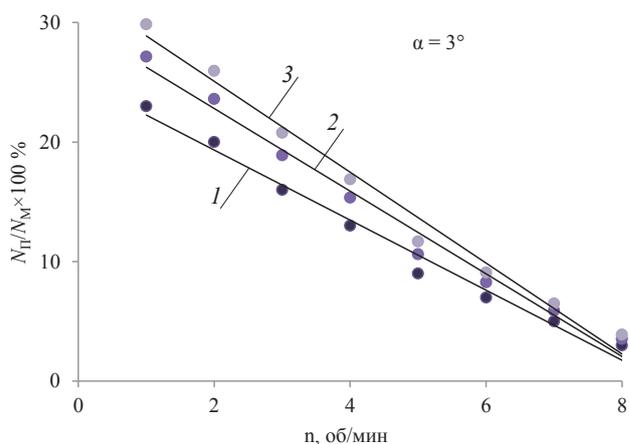


Рисунок 3. Зависимость «полезных энергозатрат» от частоты вращения ленточной мешалки: 1 – $A = 1$ мм, $\nu = 30$ Гц; 2 – $A = 1$ мм, $\nu = 50$ Гц; 3 – $A = 3$ мм, $\nu = 20$ Гц

Figure 3. Effect of the belt mixer speed on the useful energy: 1 – $A = 1$ mm, $\nu = 30$ Hz; 2 – $A = 1$ mm, $\nu = 50$ Hz; 3 – $A = 3$ mm, $\nu = 20$ Hz

Таблица 2. Рациональные параметры процесса

Table 2. Optimal process parameters

Вид крахмала / Параметр	Амплитуда колебаний (A), мм	Частота колебаний (ν), Гц	Частота вращения мешалки (n), об/мин	Угол наклона БВГ (α), °	Плотность связующего раствора (ρ _ж), кг/м ³	Вязкость связующего раствора (μ _ж), Па·с	Поверхностное натяжение связующего раствора (σ _ж), Н/м	Среднемедианный размер	
								Теоретический	Практический
Нативный	1	40	7	3	1063,20	2,254×10 ⁻³	48,47×10 ⁻³	2,06	2,19

вывод, что в наибольшей степени на механические затраты энергии оказывают влияние такие параметры, как частота, амплитуда колебаний и частота вращения мешалки с углом наклона. Повышение вязкости связующего раствора незначительно оказывает влияние на затраты энергии. В результате обработки экспериментальных данных, полученных в ходе эксперимента, можно сделать вывод, что, в сравнении с остальными затратами энергии, доля затрат на механическую работу составляет порядка 28 % от общих энергозатрат на проведение процесса структурообразования. С целью упрощения расчетов при минимальных

погрешностях можно порекомендовать использовать для расчетов полных энергозатрат уравнение (2) с прибавкой коэффициента на пусковой момент (0,25) и механическую работу (0,25). Тогда полные затраты энергии можно определить достаточно точно по выражению:

$$N = 1,5 \cdot N_M \quad (3)$$

С целью поиска рациональных параметров процесса структурообразования в новой конструкции БВГ использовался пакет анализа в системе Microsoft Excel по методике Ньютона. Результаты расчетов сведены в таблицу 2. Из таблицы видно при каких режимных параметрах процесса в исследуемом барабанном виброгрануляторе будет наблюдаться заданный дисперсный состав, который оценивали по среднемедианному значению. С целью проверки адекватности полученных значений были проведены серии экспериментов. Значения варьируемых

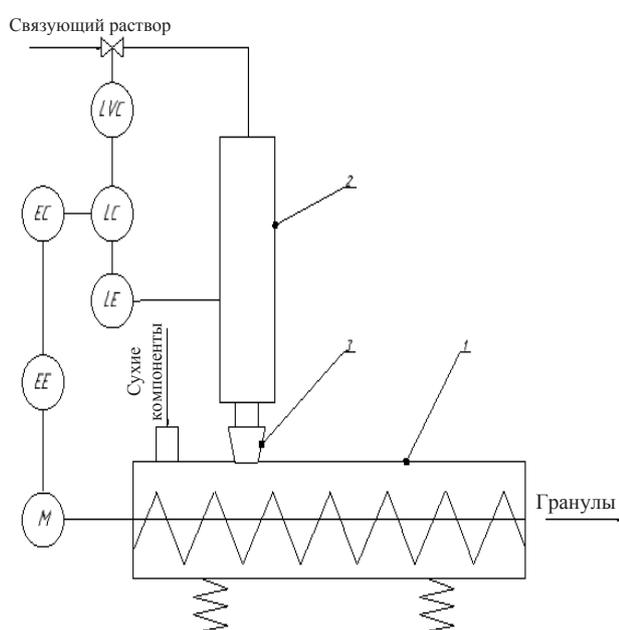


Рисунок 4. Функциональная схема мехатронного модуля БВГ: 1 – корпус БВГ; 2 – напорная емкость; 3 – капельная форсунка; LE – датчик высоты столба жидкости (уровень) связующего раствора; LC – регулятор уровня; LVC – клапан; EE – датчик мощности затрачиваемой двигателем; EC – основной регулятор мехатронного модуля

Figure 4. Flow-chart of the mechatronic module: 1 – body; 2 – pressure vessel; 3 – drip nozzle; LE – liquid column height sensor (level) of the binder solution; LC – level control; LVC – valve; EE – sensor power spent by the engine; EC – main regulator of the mechatronic module

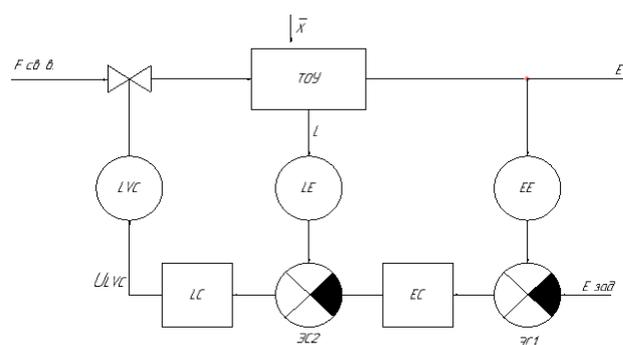


Рисунок 5. Структурная схема многоконтурной каскадной системы автоматического регулирования качества смеси: TOU – технологический объект управления; ЭС1, ЭС2 – элементы сравнения; ULVC – положение регулирующего клапана LVC; E_{зад} – заданное значение мощности затрачиваемой двигателем; X – вектор факторов процесса агломерирования, влияющих на качество смеси (табл. 1)

Figure 5. Structural chart of the multi-circuit cascade system for automatic control of the quality of the mix: TOU – technological control object; ЭС1, ЭС2 – elements of comparison; ULVC – position of the LVC control valve; E_{зад} – set value of the power spent by the engine; X – vector of agglomeration process factors affecting the quality of the mixture (Table 1)

параметров были приняты согласно значениям из таблицы 2.

В связи с малым значением режимных параметров их прямое регулирование технически сложно осуществимо [13–17]. Поэтому предложена функциональная схема, которая показана на рисунке 4. Она включает напорную емкость 2, в которой изменением высоты столба жидкости связующего раствора *LE* можно изменять величину гидростатического давления, а следовательно, и расхода связующего раствора через капельную форсунку 3 с калиброванным диаметром сопла. При этом регулирование уровня с достаточной точностью возможно с помощью клапана *LVC*, установленного на трубопроводе подачи связующей жидкости в напорную емкость. Таким образом, появляется возможность создания мехатронного модуля БВГ, в котором показатели качества получаемой смеси, оцениваемые величиной затрачиваемой мощности *EE* двигателем месильного органа, будут определяться уровнем связующего раствора в напорной емкости.

В данном случае одноконтурная система регулирования уровня может быть расширена до каскадной системы регулирования затрачиваемой мощности двигателем месильного органа с помощью регулятора (*EC*), структурная схема которой показана на рисунке 5 [18–20].

Выводы

Исследование процесса агломерирования в барабанном виброгрануляторе позволило установить зависимость затрат энергии от режимных параметров. Это дало возможность разработать структурную схему многоконтурной каскадной системы автоматического регулирования качества смеси. В конечном

итоге данная система должна повысить качество готового продукта.

В результате проведенных исследований было выявлено, что для создания конкурентоспособного как производства, так и готовой продукции, необходима модернизация производства как с точки зрения самих процессов, так и с точки зрения мехатроники.

Критерии авторства

А. М. Попов – руководство работой (15 %).
К. Б. Плотников – планирование эксперимента (15 %).
П. П. Иванов – разработка методики проведения эксперимента и обработка результатов (20 %).
Д. В. Дonya – подготовка рукописи (20 %).
С. Г. Пачкин – консультативная работа (15 %).
И. О. Плотникова – проведение исследований (15 %).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Contribution

A.M. Popov supervised the project (15%).
K.B. Plotnikov planned the experiment (15%).
P.P. Ivanov developed the experimental technique and processed the results (20%).
D.V. Donya wrote the draft of the manuscript (20%).
S.G. Pachkin was the chief consultant (15%).
I.O. Plotnikova conducted the experiments (15%).

Conflict of interest

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

Список литературы

1. 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>.
2. 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>.
3. 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>.
4. Черемухин, П. С. Образовательная робототехника как фактор развития сетевого взаимодействия в системе уровневой инженерной подготовки / П. С. Черемухин, А. А. Шумейко // *Интеграция образования*. – 2018. – Т. 22, № 3 (92). – С. 535–550. DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.092.022.201803.535-550>.
5. 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>.
6. 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>.
7. 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>.

8. 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>.
9. Пат. 2693772С2 Российская Федерация, МПК В01J2/18. Барабанный виброгранулятор / Попов А. М., Плотникова И. О., Плотников К. Б., [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». – № 2017145262; заявл. 21.12.2017; опубл. 04.07.2019; Бюл. № 19. – 7 с.
10. Цветков, В. Я. Управление с применением кибер-физических систем / В. Я. Цветков // *Перспективы науки и образования*. – 2017. – Т. 27, № 3. – С. 55–60.
11. Разработка динамической модели привода шаровой мельницы с учетом демпфирующих свойств его элементов / В. В. Поветкин, М. Е. Исаметова, И. Н. Исаева [и др.] // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. – 2018. – № 5. – С. 184–192. DOI: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-5-0-184-192>.
12. Фуртат, И. Б. Алгоритм компенсации помех измерения и возмущений / И. Б. Фуртат // *Информационно-управляющие системы*. – 2017. – Т. 90, № 5. – С. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.15217/issn1684-8853.2017.5.21>.
13. Мархадаев, Б. Е. Бифуркация точности мехатронных манипуляционных систем при захватывании на ходу / Б. Е. Мархадаев, С. О. Никифоров, Е. Б. Бочектуева // *Вестник Бурятского государственного университета. Математика, информатика*. – 2018. – № 2. – С. 85–94. DOI: <https://doi.org/10.18101/2304-5728-2018-2-85-94>.
14. Синтез системы автоматической коррекции осевых смещений вращающегося ротора мехатронного модуля / И. С. Дымов, Д. А. Котин, В. Н. Аносов [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*. – 2017. – Т. 60, № 6. – С. 552–559. DOI: <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2017-60-6-552-559>.
15. Кашаев, Р. С. Минимизация ошибок эксперимента в методе ПМР и возможности получения спектра времен релаксации / Р. С. Кашаев, А. Ю. Свиинин, О. В. Козелков // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. – 2018. – Т. 20, № 11–12. – С. 152–160. DOI: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2018-20-11-12-152-160>.
16. Математические модели для калибровки центра инструмента промышленных роботов / О. Н. Крахмалев, Д. И. Петрешин, Г. Н. Крахмалев [и др.] // *Вестник Брянского государственного технического университета*. – 2017. – Т. 54, № 1. – С. 44–49. DOI: <https://doi.org/10.12737/24891>.
17. Техническое обслуживание технологических машин на базе цифровизации / А. К. Тугенгольд, Р. Н. Волошин, А. Р. Юсупов [и др.] // *Вестник Донского государственного технического университета*. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 74–80. DOI: <https://doi.org/10.23947/1992-5980-2019-19-1-74-80>.
18. Теория и практика использования робототехники в образовательном процессе / Е. Е. Руслякова, О. В. Пустовойтова, Ю. П. Киселёва [и др.] // *Высшее образование в России*. – 2019. – Т. 28, № 6. – С. 158–167. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-6-158-167>.
19. Еременко, Ю. И. О применении нейросетевого настройщика параметров пи-регулятора на тепловых объектах горно-металлургической отрасли в режиме отработки возмущений / Ю. И. Еременко, А. И. Глушенко, А. В. Фомин // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. – 2017. – № 12. – С. 122–133. DOI: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2017-12-0-122-133>.
20. Елисеев, С. В. Динамическое гашение колебаний при введении дополнительных связей и внешних воздействий / С. В. Елисеев, А. С. Миронов, К. Ч. Вьонг // *Вестник Донского государственного технического университета*. – 2019. – Т. 19, № 1. – С. 38–44. DOI: <https://doi.org/10.23947/1992-5980-2019-19-1-38-44>.

References

1. 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>.
2. 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>.
3. 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>.
4. Cheremukhin PS, Shumeyko AA. Educational robotics as a factor in the development of network interaction in the system of engineering training. *Integration of Education*. 2018;22(3)(92):535–550. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15507/1991-9468.092.022.201803.535-550>.
5. 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>.
6. 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/tcct.20186103.5612>.
7. 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>.

8. 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>.
9. Popov AM, Plotnikova IO, Plotnikov KB, Donya DV, Konyaev AV. Drum vibration granulator. Russia patent RU 2693772C2. 2019.
10. Tsvetkov VYa. Control with the use of cyber-physical systems. *Perspectives of Science and Education*. 2017;27(3):55–60. (In Russ.).
11. Povetkin VV, Isametova ME, Isayeva IN, Bukayeva AZ. Dynamic modeling of ball mill drive with regard to damping properties of its elements. *Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2018;(5):184–192. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-5-0-184-192>.
12. Furtat IB. Algorithm for compensation of measurement noises and disturbances. *Information and Control Systems*. 2017;90(5):21–29. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15217/issn1684-8853.2017.5.21>.
13. Markhadaev BE, Nikiforov SO, Bochektueva EB. Bifurcation of the accuracy of mechatronic manipulation systems in capture while running. *BSU bulletin. Mathematics, Informatics*. 2018;(2):85–94. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18101/2304-5728-2018-2-85-94>.
14. Dymov IS, Kotin DA, Anosov VN, Kucher ES. Synthesis of a system for automatic correction of axial displacement of mechatronic module spinning rotor. *Journal of Instrument Engineering*. 2017;60(6):552–559. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2017-60-6-552-559>.
15. Kashaev PS, Svinin AYU, Kozelkov OV. Minimization of experiment errors in the method of PMR and opportunities for receiving of relaxation times spectra. *Power Engineering: Research, Equipment, Technology*. 2018;20(11–12):152–160. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2018-20-11-12-152-160>.
16. Krakhmalyov ON, Petreshin DI, Krakhmalyov GN, Pimonov AYU. Simulators for calibration of tool center of industrial robots. *Bulletin of Bryansk State Technical University*. 2017;54(1):44–49. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/24891>.
17. Tugengold AK, Voloshin RN, Yusupov AR, Kruglova TN. Production machines maintenance based on digitalization. *Vestnik of Don State Technical University*. 2019;19(1):74–80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23947/1992-5980-2019-19-1-74-80>.
18. Ruslyakova EE, Pustovoitova OV, Kiseleva JuP, Yakovleva LA. Theory and practice of using robotics in educational process. *Higher Education in Russia*. 2019;28(6):158–167. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-6-158-167>.
19. Eremenko YuI, Glushchenko AI, Fomin AV. Application of neural network customizer for the proportional-integral controller in the mode of response to disturbances at thermal units in the mining and metallurgical industry. *Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2017;(12):122–133. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2017-12-0-122-133>.
20. Eliseev SV, Mironov AS, Vuong QT. Dynamic damping under introduction of additional couplings and external actions. *Vestnik of Don State Technical University*. 2019;19(1):38–44. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23947/1992-5980-2019-19-1-38-44>.

Сведения об авторах

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 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>

Иванов Павел Петрович

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-35, e-mail: ipp7@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8086-3273>

Information about the authors

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>

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>

Pavel P. Ivanov

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automation of Production Processes and Automated Control Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-35, e-mail: ipp7@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8086-3273>

Доня Денис Викторович

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: doniadv@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5818-0804>

Пачкин Сергей Геннадьевич

канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-35, e-mail: sergon777@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9530-3829>

Ирина Олеговна Плотникова

преподаватель, ГПОУ «Кемеровский коммунально-строительный техникум» имени В. И. Заузелкова, 650070, Россия, г. Кемерово, ул. Тухачевского, 23А, тел.: +7 (950) 596-70-91, e-mail: ermilova-io@mail.ru

Denis V. Donya

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: doniadv@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5818-0804>

Sergei G. Pachkin

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Automation of Production Processes and Automated Control Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-35, e-mail: sergon777@inbox.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-9530-3829>

Irina O. Plotnikova

Teacher, V.I. Zauzelkov Kemerovo Municipal Construction College, 23A, Tukhachevskogo Str., Kemerovo, 650070, Russia, phone: +7 (950) 596-70-91, e-mail: ermilova-io@mail.ru

Актуальность создания специализированных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет

С. Ю. Мистенева*^{id}, Т. В. Савенкова^{id}, Е. А. Демченко, Н. А. Щербакова^{id},
Т. В. Герасимов^{id}



Дата поступления в редакцию: 22.04.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

Всероссийский научно-исследовательский институт
кондитерской промышленности,
107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20

*e-mail: svetlana_mst@mail.ru



© С. Ю. Мистенева, Т. В. Савенкова, Е. А. Демченко, Н. А. Щербакова, Т. В. Герасимов, 2020

Аннотация.

Введение. Нездоровое питание является основной причиной риска возникновения неинфекционных заболеваний. Эти риски начинаются в детстве и развиваются в течение всей жизни. Ученые во всем мире проявляют серьезную заинтересованность в установлении оптимальных требований к структуре и качеству питания детей, которые будут способствовать их здоровому росту и развитию на протяжении всего периода взросления. Качество питания в детском возрасте является критическим фактором, т. к. физиологическая потребность в питательных веществах и энергии в этот период особо значима и высока. В настоящее время характер и структура питания детей дошкольного и школьного возраста вызывают озабоченность во всем мире. Основными причинами беспокойства являются отсутствие разнообразия в потребляемых детьми продуктах питания, предпочтение изделий с высоким содержанием добавленного сахара, жира и соли, а также недостаточный ассортимент специализированной продукции.

Результаты и их обсуждение. В статье обобщены рекомендации по питанию и нормам физиологических потребностей в основных пищевых веществах и энергии. Также были проанализированы современные исследования о характере и структуре питания детей и подростков России и ряда стран. Приведены результаты анализа единого реестра свидетельств о государственной регистрации (СГР) специализированной пищевой продукции. Рассмотрены основные направления совершенствования рецептурного состава специализированных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста с учетом мировых тенденций и принципов здорового питания.

Выводы. Моделирование рецептурного состава специализированных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет с учетом принципов здорового питания является актуальным и практически значимым, т. к. в кондитерских изделиях наблюдаются высокое содержание критически значимых веществ и высокая энергетическая ценность, а также практически полное отсутствие пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Существующая нормативная база производства и реализации данной группы изделий требует совершенствования по основным показателям.

Ключевые слова. Детское питание, мучные кондитерские изделия, печенье, свободный сахар, добавленный сахар, трансжиры, цельнозерновая мука

Финансирование. Материалы подготовлены как часть работы авторов. Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова» РАН.

Для цитирования: Актуальность создания специализированных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет / С. Ю. Мистенева, Т. В. Савенкова, Е. А. Демченко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 282–295. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-282-295>.

Review article

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

Rationale for Targeted Confectionery Products for Children over Three Years Old

S.Yu. Misteneva*^{id}, T.V. Savenkova^{id}, E.A. Demchenko, N.A. Shcherbakova^{id},
T.V. Gerasimov^{id}

Received: April 22, 2020
Accepted: May 29, 2020

All-Russia Research Institute of the Confectionery Industry,
20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023

*e-mail: svetlana_mst@mail.ru



Abstract.

Introduction. According to the World Health Organization, unhealthy diets are a major risk for noncommunicable diseases. These risks begin in childhood and develop throughout life. Scientists around the world are busy establishing optimal requirements for children's diet that would contribute to their healthy development throughout the entire period of growing up. The quality of nutrition in childhood is a critical factor, since the physiological need for nutrients and energy during this period is especially high. Nutrition for preschool and school age children has its own specifics, e.g. lack of variety and functional products, preference for products with a high content of added sugar, fat, and salt, etc.

Results and discussion. The article summarizes various recommendations on nutrition and physiological requirements for basic nutrients and energy. The recommendations are based on modern research on the nature and structure of children's diet in Russia and abroad. The authors analyzed the Unified Register of State Registration Certificates of targeted functional foods. The paper also describes the main directions of improving the formulation of targeted confectionery products for preschool and school age children, based on taking global trends and principles of healthy eating.

Conclusion. Most confectionery products have extreme content of critical substances, high energy value, and almost no dietary fiber, vitamins, or mineral matter. Therefore, new formulations of targeted confectionery products for children over three years of age are relevant and promising if developers take into account the principles of healthy nutrition. The existing regulatory framework for the production and sale of this group of products requires improvement.

Keywords. Children nutrition, flour confectionery, biscuits, free sugar, added sugar, trans fats, whole grain flour

Financing. The present article is part of the research performed by the authors at the All-Russia Research Institute of the Confectionery Industry – branch of Gorbатов Federal Research Center of Food Systems of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Misteneva SYu, Savenkova TV, Demchenko EA, Shcherbakova NA, Gerasimov TV. Rationale for Targeted Confectionery Products for Children over Three Years Old. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):282–295. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-282-295>.

Введение

Питание играет одну из определяющих ролей в жизни человека. Поэтому государственная политика России и ряда ведущих стран, а также деятельность научных и общественных организаций по всему миру направлена на разработку и внедрение мероприятий, обеспечивающих сохранение и укрепление здоровья населения, профилактику заболеваний, обусловленных употреблением неполноценных и несбалансированных по своему составу пищевых продуктов. Генеральная Ассамблея ООН в своей резолюции одобрила итоги Второй Международной конференции по вопросам питания, проводимой 19–21 ноября 2014 года в Италии, и провозгласила 2016–2025 годы «Десятилетием питания». Десятилетие действий ООН в области питания – это обязательство государств-членов провести действия, направленные на создание широкого ассортимента пищевых продуктов для здорового питания; координацию работы всех структур здравоохранения; обеспечение социальной защиты и просвещения по вопросам питания; обеспечение безопасных и благоприятных условий для качественного питания в любом возрасте; ужесточение ответственности за качество и безопасность питания [1, 2].

В современном мире самыми доступными и широко продаваемыми продуктами питания являются энергетически насыщенные продукты с низким содержанием питательных веществ. Они получены из сырья глубокой переработки и содержат большое

количество сахара, жира и соли. В этих условиях самой уязвимой и незащищенной группой населения становятся дети. В России, странах Евросоюза, США и ряде других стран огромные денежные средства тратятся на маркетинг продуктов питания и напитков, которые оказывают разрушительное воздействие на здоровье детей и подростков. Исследованиями доказано, что дошкольники и школьники, которые придерживаются нездоровой диеты, предрасположены к развитию хронических заболеваний во взрослом возрасте [3–7].

Президентом РФ в 2017 г. подписан указ, утверждающий проект «Десятилетия детства» на период 2018–2027 годы. В этой связи важной составляющей развития детей всех возрастных категорий становится правильное, здоровое питание, которое должно обеспечиваться путем потребления безопасных и полноценных пищевых продуктов [8, 9].

Целью работы является обоснование актуальности создания специализированных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста, анализ и обобщение основных направлений их совершенствования с учетом мировых тенденций и принципов здорового питания.

Результаты и их обсуждение

Детство является периодом интенсивного роста и развития человека, важным этапом формирования пищевого поведения, которое может оказывать влияние на дальнейшую взрослую жизнь.

Таблица 1. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для детей и подростков в РФ

Table 1. Physiological requirements for energy and nutrients for children and adolescents in the Russian Federation

Показатели (в сутки)	Возрастные группы			
	От 3 до 7 лет	От 7 до 11 лет	От 11 до 14 лет	
			мальчики	девочки
Энергия, ккал	1800	2100	2500	2300
Белок, г	54	63	75	69
Белок, % по ккал	12			
Жир, г	60	70	83	77
Жир, % по ккал	30			
НЖК, % по ккал	< 10			
НЖК, г	< 20	< 23,3	< 27,7	< 25,6
ПНЖК, % по ккал	5–14			
– омега-6, % по ккал	4–12			
– омега-3, % по ккал	1–2			
Углеводы, г	261	305	363	334
Углеводы, % по ккал	58			
в т. ч. сахар, % по ккал	< 10			
Пищевые волокна, г	15–20			

Полноценным считается питание, которое обеспечивает энергетические потребности ребенка, сбалансировано по содержанию белка, жира и углеводов и содержит необходимое количество эссенциальных микроэлементов. Продукты для детского питания, в том числе и кондитерские изделия, должны соответствовать физиологическим особенностям и потребностям растущего организма, которому требуется значительно большее количество белков, минеральных веществ и витаминов, чем взрослому. Рекомендуемые нормы потребления основных пищевых веществ и энергии существенно меняются у детей различных возрастных групп в соответствии с изменениями в физическом развитии, пищеварительном аппарате и процессах обмена веществ (табл. 1–3) [10–15]¹.

Рекомендации и нормы физиологических потребностей детей в разных странах отличаются по временным периодам и уровню показателей. Данные показатели физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для мальчиков 11 лет в разных странах приведены в таблице 4.

Сравнительный анализ норм физиологических потребностей показывает отличие в белке в США и Великобритании: меньше на 45,3 % и 54,9 %

¹ МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 36 с.

соответственно по сравнению с РФ; пищевые волокна – выше в США и Великобритании в 1,25 раза.

Изучению характера и структуры питания детей и подростков посвящена значительная часть современных исследований по всему миру. Основные проблемы, связанные со здоровьем детей дошкольного и школьного возраста, – это ожирение, кариес, недостаточное и/или несбалансированное по макро- и микронутриентному составу питание, отсутствие физической активности и неправильные пищевые привычки [16, 17].

Изучение мнения родителей в отношении детских пищевых предпочтений показывает их озабоченность отсутствием разнообразия продуктов, снижением потребления овощей и мяса, а также желанием детей иметь в своем рационе большое количество кондитерских изделий, нездоровой «снэковой» продукции (чипсов, соленых сухариков и т. п.) и сладких напитков. Дети дошкольного и школьного возраста являются группой, которая наиболее уязвима к последствиям неправильного пищевого рациона. Характер питания в этот период определяет эмоциональное развитие, эффективность в учебном процессе и оказывает влияние на здоровье в зрелом возрасте.

Результаты недавних исследований, проведенных в ряде стран и направленных на изучение характера питания детей и подростков, показали, что большинство из них потребляют свободные (добавленные) сахара и насыщенные жиры выше рекомендуемых пределов. При этом рекомендуемые значения потребления клетчатки и жиров, содержащих полиненасыщенные жирные кислоты, были значительно снижены. Среднее потребление витаминов и микроэлементов среди детей разных возрастов было различно, в то время как потребление витамина D было низким для всех возрастных групп. Оценка пищевого поведения выявила дисбаланс питательных веществ и нарушения в детской диете, которые могут негативно повлиять на развитие детей, если они будут систематически повторяться.

В РФ выявлены проблемы нарушения потребления энергии. У детей старших возрастов (11–19 лет) высокие величины потребления общего жира – 34–35 % от общей калорийности рациона. Среднее содержание насыщенных жирных кислот в этих группах составляет 14 % от энергии рациона при рекомендуемом менее 10 %. Анализируя проблему качественного питания в детском возрасте, следует учитывать тот факт, что приоритеты в питании родителей существенным образом влияют на формирование пищевого поведения их детей, в основе которого лежат наблюдения за пищевыми привычками взрослых.

Анализ результатов исследований в отношении структуры питания дошкольников и школьников поставил вопрос о необходимости проведения

Таблица 2. Ежедневное целевое питание для половозрастных групп на основе диетических эталонных потреблений и рекомендаций США

Table 2. Daily target nutrition for age and sex groups based on dietary reference consumption and recommendations in the USA

Показатели (в сутки)	Возрастные группы						
	1–3 года	4–8 лет		9–13 лет		14–18 лет	
		девочки	мальчики	девочки	мальчики	девочки	мальчики
Энергия, ккал	1000	1200	1400–1600	1600	+1800	+1800	2200, 2800, 3200
Белок, г	13	19	19	34	34	46	52
Белок, % по ккал	5–20	10–30					
Жир, г	Не нормируется						
Жир, % по ккал	30–40	25–35					
НЖК, % по ккал	< 10						
НЖК, г	Не нормируются						
ПНЖК, % по ккал	Не нормируются						
– линолевая кислота (омега-6), % по ккал	7	10		12	11	16	
– линоленовая кислота (омега-3), % по ккал	0,7	0,9		1	1,2	1,1	1,6
Углеводы, г	130						
Углеводы, % по ккал	45–65						
Добавленный сахар, % по ккал	< 10						
Пищевые волокна, г	14	16,8	19,6	22,4	25,2	25,2	30,8

Таблица 3. Правительственные рекомендации в отношении энергии, макронутриентов, соли и пищевых волокон для мальчиков и девочек Великобритании

Table 3. Government guidelines for energy, macronutrients, salt, and dietary fibers for boys and girls in Great Britain

Показатели (в сутки)	Возрастные группы							
	2–3		4–6		7–10		11–14	
	мальчики	девочки	мальчики	девочки	мальчики	девочки	мальчики	девочки
Энергия, ккал	1088	1004	1482	1378	1817	1703	2500	2000
Белок, г	14,5		19,7		28,3		41,2	
Жир, г	–	–	< 58	< 54	< 71	< 66	< 97	< 76
Жир, % по ккал	35							
НЖК, % по ккал	11							
НЖК, г	–	–	< 18	< 17	< 22	< 21	< 31	< 24
ПНЖК, % по ккал	6,5							
ПНЖК, г	–	–	11	10	13	12	18	14
МНЖК, % по ккал	13							
МНЖК, г	–	–	21	20	26	25	36	29
Углеводы, г	145	134	198	184	242	227	333	267
Углеводы, % по ккал	50							
Свободный сахар, г	15	13	20	18	24	23	33	27
Свободный сахар, % по ккал	< 5							
Пищевые волокна, г	15		15 (4 года) 20 (5–6 лет)		20		25	
Соль, г	< 2		< 3		< 5		< 6	

разъяснительной работы по вопросам питания среди детей и их родителей. Наряду с этим своевременным и актуальным является вопрос создания различных групп доступных специализированных продуктов для детского питания [18–23].

Одной из самых распространенных и дорогостоящих проблем общественного здравоохранения во всем мире является детское ожирение. Его

распространенность возросла и привела к появлению сопутствующих заболеваний, возникающих в раннем возрасте. У детей с избыточным весом насыщенный калориями рацион питания, что доказывает причинную связь высококалорийной диеты с увеличением жировой массы тела с течением времени. Результаты исследований показывают у детей с ожирением недостаточное

Таблица 4. Сравнительная оценка норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах в разных странах (на примере для мальчиков 11 лет)

Table 4. Comparative assessment of the physiological requirements for energy and nutrients in different countries for 11-year-old boys

Показатели (в сутки)	Группа детей – мальчики 11 лет		
	Российская Федерация	США*сидячий/умеренно активный/активный	Великобритания
Энергия, ккал	2500	+1800 2000 2200	2500
Белок, г	75	34	41,2
Белок, % от ккал	12	10–30	–
Жир, г	83	–	< 97
Жир, % от ккал	30	25–35	35
НЖК, % от ккал	< 10	< 10	11
НЖК, г	< 27,7	–	< 31
ПНЖК, % от ккал	5–14	–	6,5
МНЖК, % от ккал	–	–	6,5
МНЖК, г	–	–	18
– омега-6, % от ккал	4–12	12	–
– омега-3, % от ккал	1–2	1,2	–
Углеводы, г	363	130	333
Углеводы, % от ккал	58	45–65	50
в т. ч. сахар, % / добавленный (свободный) от ккал	< 10	< 10	< 5
Пищевые волокна, г	15–20	25,2	25
Соль, г	–	–	< 6

*«сидячий» образ жизни включает в себя только физическую активность повседневной жизни; «умеренно-активный» и «активный» подразумевает наличие дополнительных физических нагрузок разной степени интенсивности.

* “Sedentary” lifestyle includes the amount of physical activity needed for everyday life; “moderately active” and “active” lifestyles presuppose additional physical activity of varying intensity.

потребление ряда продуктов с высокой пищевой ценностью (овощи, рыба и молочные продукты) при избыточном потреблении изделий, произведенных путем рафинирования и других видов глубокой технологической переработки пищевого сырья, неизбежно сопровождающейся потерей эссенциальных микронутриентов и пищевых волокон. При этом нарушения продуктовой структуры среднесуточного рациона у детей с ожирением более выражены чем у детей с нормальной массой тела. В России избыточный вес выше в раннем подростковом возрасте и уменьшается на этапе взросления. По сравнению с высокой распространенностью общего подросткового ожирения и избыточной массы тела в США (совокупная распространенность 25,4 %) и низкими показателями в Китае (совокупная распространенность 7,0 %) в России средняя распространенность составляет 16 % и эти тенденции усиливаются. Эпидемический уровень детского ожирения – большая проблема. Эту проблему можно предотвратить, в том числе с помощью присутствия в рационе специализированных продуктов питания [3, 24–29].

Кондитерские изделия не являются продуктами первой необходимости, но занимают заметное место в структуре рациона питания современного человека, особенно детей и подростков. Конфеты,

пирожные, печенье и шоколад на протяжении всей истории своего существования ассоциативно воспринимаются в качестве атрибутов праздника и хорошего настроения. Ограничение доступа детей к доставляющим удовольствие продуктам является практикой с потенциально негативными последствиями, вызывая повышенное желание потребления таких продуктов и тенденцию к последующему перееданию [30].

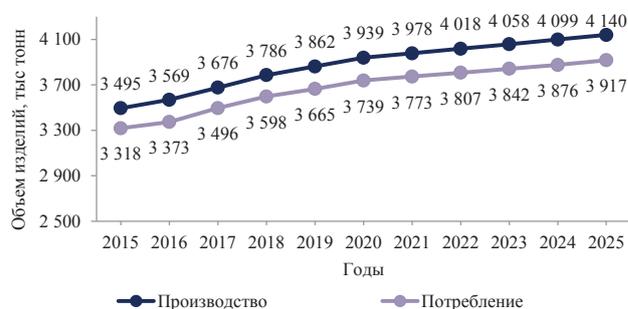


Рисунок 1. Динамика и структура рынка кондитерских изделий в 2013–2018 гг. и прогноз до 2025 г., тыс тонн (в рамках базового сценария развития)

Figure 1. Dynamics and structure of the confectionery market in 2013–2018 and forecast until 2025, thousand tons (basic development scenario)

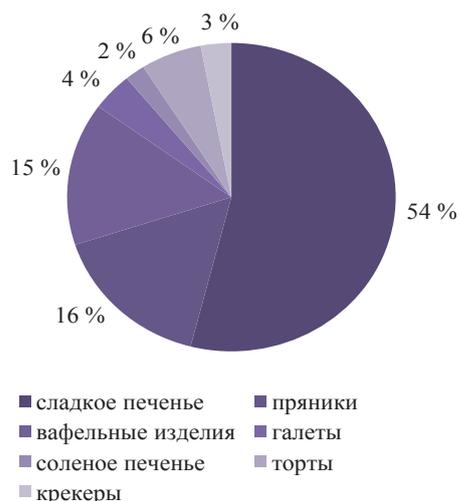


Рисунок 2. Структура потребления мучных кондитерских изделий в России

Figure 2. Consumption pattern for flour confectionery in Russia

По данным Росстата, ФТС и аналитики IndexBox в 2019 году объем потребления кондитерских изделий составил 3862 тыс тонн, что на 2,1 % выше уровня 2018 года (рис. 1) [31].

В 2014–2017 гг. произошла переориентация спроса на более дешевые продукты питания, в том числе и на сладости эконом-сегмента (печенье, вафли, пряники и т. п.). Данная тенденция сохраняется и в настоящее время [31].

На территории РФ большее предпочтение потребители отдают группе мучных кондитерских изделий, особенно группе сладкого печенья (рис. 2).

Кондитерские изделия не являются источником обеспечения организма необходимыми пищевыми веществами. Но они могут присутствовать в рационе ребенка в ограниченных количествах, не заменяя полноценное правильное питание. Поэтому актуальным и своевременным является научно-обоснованное решение вопроса разработки инновационных технологий и рецептур специализированных кондитерских изделий для детского питания, отвечающих современным требованиям законодательства. Согласно документу МР 2.4.5.0107-15 в питании ребенка могут быть использованы кондитерские изделия – печенье, крекеры, вафли, пряники [32]².

Специализированные пищевые продукты, созданные на основе принципов здорового питания с учетом последних рекомендаций врачей в области детской диетологии, позволяют решить проблему возмещения макро- и микронутриентной

² МР 2.4.5.0107-15. Организация питания детей дошкольного и школьного возраста в организованных коллективах: Методические рекомендации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2016. – 14 с.

недостаточности, а также обеспечить условия для адекватного восполнения адаптационных резервов организма. Несмотря на расширяющийся ассортимент мучных кондитерских изделий, специализированных пищевых продуктов для питания детей дошкольного и школьного возраста существенно не хватает.

Принадлежность кондитерских изделий к категории продуктов для детского питания, согласно требованиям Технического Регламента Таможенного Союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», подтверждается свидетельством о государственной регистрации, которая осуществляется на этапе подготовки продукции к производству, и дает право на производство и реализацию продукции на потребительском рынке стран ЕАЭС. Подтверждением соответствия продукции, подлежащей госрегистрации, установленным требованиям является наличие на товаре или его потребительской упаковке сопроводительной документации, номера и даты выдачи свидетельства, а также информации о внесении продукции в единый реестр специализированной пищевой продукции. Анализ единого реестра свидетельств о государственной регистрации (СГР) специализированной пищевой продукции по состоянию на январь 2020 г. показал, что на территории Таможенного союза присутствуют предприятия-изготовители мучных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного с возраста из России, Белоруссии и Украины. Небольшой процент изделий импортируется. Основная масса производителей-получателей СГР на детское питание находится на территории РФ (рис. 3) [33].

По данным единого реестра СГР, ассортимент специализированных мучных кондитерских изделий для питания детей дошкольного и школьного возраста представлен следующими группами:

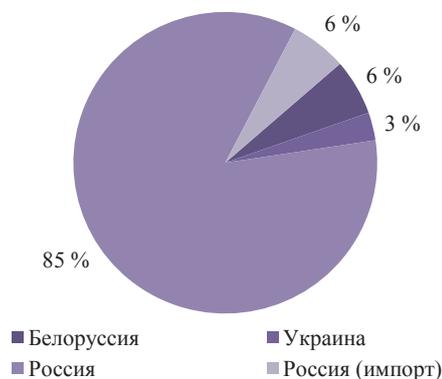


Рисунок 3. Производители и предприятия-получатели СГР на мучные кондитерские изделия (распределение по странам в процентном соотношении)

Figure 3. Producers and recipients of state registration certificates for flour confectionery (percentage per country)

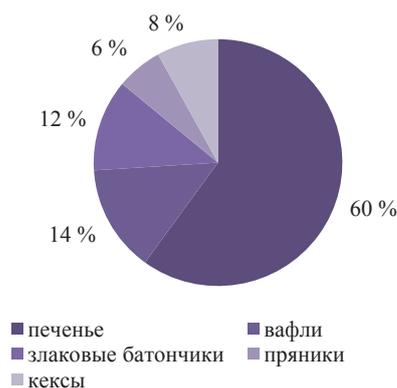


Рисунок 4. Выданные СГР на мучные кондитерские изделия для питания детей дошкольного и школьного возраста (распределение по видам изделий в процентном соотношении)

Figure 4. State registration certificates on flour confectionery for children of preschool and school age (percentage per type of product)

печенье, вафли, пряники, кексы, а также группой злаковых батончиков (рис. 4).

Наибольшая доля всех выданных СГР принадлежит группе печенья, которое является неотъемлемой частью современного рынка кондитерских изделий и широко используется в качестве носителя различных питательных веществ. Популярность печенья объясняется его разнообразным вкусом, высокими сенсорными характеристиками, длительным сроком годности и относительно низкой стоимостью. Рецептуры печенья многочисленны и разнообразны. Основные характеристики большинства сортов печенья – это низкая массовая доля влаги, наличие в рецептуре рафинированной пшеничной муки, а также высокое содержание сахара и жира.

В последние годы печенье используется в ассортиментном перечне организованных детских коллективов и входит в рекомендуемый ассортимент пищевых продуктов для организации дополнительного питания обучающихся в

соответствии с СанПиН 2.4.5.2409-08 «Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования». Поэтому оно нуждается в серьезной корректировке рецептурного состава.

Важными направлениями совершенствования пищевых продуктов, в том числе детского питания, являются значительное уменьшение использования насыщенных и трансжиров, снижение количества соли и добавленного сахара, обеспечение поступления в организм пищевых волокон за счет производства изделий с добавлением цельных зерен и нерафинированного растительного сырья, повышение пищевого статуса за счет роста выпуска обогащенных пищевых продуктов [1, 14, 26, 34].

Чрезмерное потребление сахара и его негативное влияние на состояние здоровья населения в настоящее время является актуальной проблемой во всем мире. Особое беспокойство вызывает тот факт, что потребление свободных сахаров повышает общую калорийность рациона и может снижать уровни потребления пищевых продуктов, содержащих адекватные с питательной точки зрения калории, приводя к нездоровому питанию, прибавке веса и повышению риска развития неинфекционных заболеваний, таких как ожирение и кариес, особенно среди детского населения. В ряде ведущих стран мира применяется классификация сахара по виду использования (табл. 5) и разработаны рекомендации потребления.

ВОЗ рекомендует сократить потребление свободного сахара (не более 10 % от общей калорийности рациона) и поддерживать сниженные уровни его потребления на протяжении всей жизни как для взрослых, так и для детей. Сокращение свободного сахара менее 5 % от общего потребления энергии в день будет иметь дополнительные преимущества в снижении риска неинфекционных заболеваний (особенно избыточного веса и кариеса). В «Руководстве по питанию американцев на

Таблица 5. Классификация сахара по виду использования

Table 5. Classification of sugar by use

Виды сахара	Характеристика сахара
Свободный сахар	Сахар, который больше не находится в своем естественном состоянии (то есть больше не содержится в цельных фруктах, овощах, несладких молочных продуктах и злаках) и может потребляться самостоятельно или включаться в другие продукты питания (столовый сахар, сироп, мед, концентраты фруктовых соков). Свободные сахара включают все моносахариды и дисахариды, добавленные в пищу производителем или потребителем, а также сахара, естественно присутствующие в меде, сиропах, фруктовых соках, концентратах фруктовых соков
Добавленный сахар	Свободный сахар, добавленный в продукты питания
Натуральный сахар (природного происхождения)	Сахар, который естественным образом содержится в цельных продуктах (фруктах, овощах, молочных продуктах и некоторых злаках)
Общий сахар	Представляет собой комбинацию свободного и натурального сахаров

2015–2020 годы» Министерство здравоохранения США рекомендует обращать серьезное внимание на уровень содержания добавленного сахара в диете американцев и придерживаться нормы его потребления не более 10 % от уровня общей калорийности рациона.

Американская академия педиатрии призывает установить практический взгляд на питание, позволяющий избежать как запрета, так и чрезмерного потребления добавленных сахаров при планировании дошкольного и школьного питания. Доказано, что детям нравится сладкий вкус, поэтому сладость, потребляемая в рекомендуемых количествах калорий, может стать эффективным средством для стимулирования потребления продуктов и напитков, богатых питательными веществами. При этом основным является правило: использовать минимальное количество добавленного сахара для улучшения вкуса продуктов, сбалансированных по своему химическому составу и созданных с учетом принципов здорового питания.

В Великобритании существует более жесткий рекомендуемый уровень потребления свободного сахара для детей, который составляет менее чем 5 % от общей калорийности. Правительство Великобритании в 2016 году в своей программе «Детское ожирение: план действий» объявило начало реализации плана действий по сокращению сахара в пищевых продуктах, которым отдают предпочтение дети, на 20 % к 2020 году. Это может быть достигнуто за счет снижения уровня сахара в изделиях, уменьшения размера порции или ориентации потребителей на продукцию с более низким содержанием сахара. Первоначально программа сосредоточена на девяти категориях, которые вносят наибольший вклад в потребление сахара детьми: хлопья для завтрака, йогурты, кондитерские изделия, продукты для завтраков (например, выпечка), пудинги, мороженое и сладкие спреды. Программа снижения уровня сахара также направлена на снижение содержания сахара в ассортименте продуктов, специально предназначенных для младенцев и детей младшего возраста [14, 15, 35–38].

Согласно статье 8 Технического регламента 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» печенье для детского питания не должно содержать более 25 % добавленного сахара³. Однако, учитывая тот факт, что за последние несколько лет произошли существенные изменения в планах по питанию и стратегиях по повышению качества пищевой продукции как в России, так и по всему миру, норматив по содержанию добавленного сахара в мучных кондитерских изделиях для детского питания должен быть снижен и, в соответствии с рекомендациями специалистов института конди-

терской промышленности, составлять не более 22 %.

Важным ингредиентом мучных кондитерских изделий является жир, формирующий характерную структуру и органолептические характеристики изделия. В производстве большинства видов мучных кондитерских изделий используются жиры с высоким содержанием трансизомеров и насыщенных жирных кислот. Трансжирные кислоты поступают из гидрогенизированных растительных масел. Данные виды масел имеют определенные технологические преимущества, чем многие негидрогенизированные масла: длительный срок хранения, твердость при комнатной температуре, стабильность к воздействию высоких температур. Эпидемиологические исследования, проведенные в ряде стран, доказали прямую связь трансизомеров жирных кислот с возникновением ряда серьезных заболеваний. Известно, что насыщенные жирные кислоты повышают уровень холестерина липопротеинов низкой плотности, который является существенным фактором риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. В современных медицинских рекомендациях указывается желательное потребление жиров – 30 % от общей калорийности рациона. При этом на насыщенные жиры может приходиться не более одной трети. Существует доказательная база, подтверждающая, что замена насыщенных жирных кислот ненасыщенными жирами, растительными белками или углеводами снижает уровень атерогенного холестерина [39–41].

Содержание жира в изделиях для детского питания ТР ТС 021/2011 не регламентируется, что указывает на недостаточность существующих требований к данной категории продуктов. Поскольку жир является критически значимым веществом, то необходимо ограничивать его количество в кондитерских изделиях детского ассортимента. Норматив по содержанию жира, рекомендуемый специалистами института кондитерской промышленности, должен составлять не более 18 %.

Основным ингредиентом мучных кондитерских изделий является мука пшеничная высшего сорта, содержание которой, например, в рецептурах сахарного печенья составляет 50 %. Мука пшеничная высшего сорта является рафинированным продуктом, полученным в результате глубокой технологической переработки зерна пшеницы. Перспективным направлением совершенствования мучных кондитерских изделий является использование пшеничной цельнозерновой муки. Доказано, что присутствие цельного зерна в рационе питания снижает риск развития целого ряда заболеваний, в том числе ожирения. Зерно представляет собой сложносоставное тело из-за органического соединения в единое целое разнородных по структуре и свойствам анатомических частей – эндосперма, зародыша и оболочек. Внешняя оболочка отрубей

³ ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». – 2011. – 242 с.

богата клетчаткой, а внутренний зародыш содержит витамины, минералы и фитохимические вещества. В процессе рафинирования зерна удаляются наиболее ценные его компоненты, содержащиеся в отрубях и зародышах. В результате снижается количество пищевых волокон. Исследованиями установлено, что увеличение потребления пищевых волокон в рационе питания является безопасным и практичным подходом с целью улучшения метаболического профиля у человека и профилактики некоторых заболеваний. Институтом кондитерской промышленности проводятся работы по улучшению пищевого профиля мучных кондитерских изделий путем замены муки пшеничной высшего сорта мукой пшеничной цельнозерновой. Разработаны рецептуры сахарного печенья, в которых доля цельнозерновой муки составляла от 30 до 100 %. Это привело к увеличению содержания белка в изделии на 12,5 %, снижению углеводов на 10 % от расчетного количества, а также увеличению количества пищевых волокон в 2,5 раза [42–47].

Выводы

Характерной особенностью большинства групп кондитерских изделий является высокое содержание таких критически значимых веществ, как добавленный сахар и насыщенные жиры. Для них характерны высокая энергетическая ценность и практически полное отсутствие пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ. Все это не позволяет отнести продукцию кондитерской отрасли к группе полезных и здоровых продуктов питания.

Существующая нормативная база, регламентирующая производство и реализацию специализированных кондитерских изделий для детского питания, не обеспечивает производство изделий с учетом современных тенденций рационального питания. Поэтому научные исследования и технологические разработки в этой области являются актуальными и значимыми. Они должны быть направлены на создание кондитерских изделий с новыми видами сырья, на поиск путей совершенствования их химического состава для

моделирования изделий с повышенной пищевой ценностью и на разработку специализированных изделий функциональной направленности.

Ключевыми факторами, предотвращающими многие проблемы питания детей, может стать широкомасштабное информирование населения посредством рекомендаций по рациональному питанию через СМИ, интернет-ресурсы и т. д., а также наличие доступных специализированных продуктов для детского питания, в том числе кондитерских изделий, созданных с учетом последних достижений науки и мировых тенденций в развитии продуктов здорового питания. Научный Институт кондитерской промышленности совместно с предприятиями отрасли проводит масштабную работу, направленную на создание и производство специализированных кондитерских изделий, в том числе для детей. В 2019 году Институтом разработана первая редакция Межгосударственного отраслевого стандарта на печенье для питания детей старше трех лет, в котором обобщены и расширены требования к производству и реализации данной группы изделий

Критерии авторства

Подбор материалов исследований, обобщение, анализ, выводы по исследованиям: С. Ю. Мистенева – 25 %, Т. В. Савенкова – 20 %, Е. А. Демченко – 20 %, Н. А. Щербакова – 20 %, Т. В. Герасимов – 15 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

All the authors are responsible for the selection of materials, analysis, summary, and conclusions: S.Yu. Misteneva – 25%, T.V. Savenkova – 20%, E.A. Demchenko – 20%, N.A. Shcherbakova – 20%, T.V. Gerasimov – 15%.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Основы государственной политики российской федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 08.11.2010 г. № 1873-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2010. – № 45.
2. The UN decade of action on nutrition 2016-2025 [Internet]. – Available from: <https://www.unscn.org/en/topics/un-decade-of-action-on-nutrition/>. – Date of the application: 07.04.2020.
3. Food security and nutrition in the Russian Federation – a health policy analysis / K. Lunze, E. Yurasova, B. Idrisov [et al.] // *Global Health Action*. – 2015. – Vol. 8, № 1. DOI: <https://doi.org/10.3402/gha.v8.27537>.
4. Review of food marketing to children and adolescents. Follow-up report / J. Leibowitz, J. T. Rosch, E. Ramirez [et al.]. – Federal Trade Commission, 2012. – 356 p.
5. Report on the Health of Canadians. The kids are not alright. How the food and beverage industry is marketing our children and youth to death. – Heart and Stroke Foundation of Canada, 2017. – 16 p.

6. A framework for implementing the set of recommendations on the marketing of foods and non-alcoholic beverages to children. – Switzerland : World Health Organization, 2012. – 62 p.
7. Marketing of foods high in fat, salt and sugar to children: update 2012–2013. – Copenhagen : World Health Organization, 2013. – 44 p.
8. Щетинин М.: Законодательное обеспечение производства детского питания приобретает важнейшее значение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://council.gov.ru/events/main_themes/84879/. – Дата обращения: 07.04.2020.
9. Просеков, А. Ю. Технология производства блюд диетического, детского и лечебно-профилактического питания / А. Ю. Просеков. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 140 с.
10. Детское питание. Полный справочник / В. А. Подколзина, Г. Ю. Лазарева, Э. А. Муллаярова [и др.]. – Воронеж : Научная книга, 2013. – 830 с.
11. Сергеева, К. М. Педиатрия / К. М. Сергеева. – СПб. : Питер, 2007. – 544 с.
12. Барышева, Е. С. Организация рационального питания детей в образовательных учреждениях / Е. С. Барышева, О. В. Баранова. – Оренбург : ОГУ, 2012. – 305 с.
13. Kleinman, R. E. Pediatric nutrition / R. E. Kleinman, F. R. Greer. – American Academy of Pediatrics, 2014. – 1506 p.
14. 2015–2020 Dietary Guidelines for Americans. – Health and Human Services; United States Department of Agriculture, 2015. – 122 p.
15. Government dietary recommendations. Government recommendations for energy and nutrients for males and females aged 1–18 years and 19+ years. – London : Public Health England, 2016. – 12 p.
16. Стратегия «Здоровье и развитие подростков России» (гармонизация Европейских и Российских подходов к теории и практике охраны и укрепления здоровья подростков) / А. А. Баранов, В. Р. Кучма, Л. С. Намазова-Баранова [и др.]. – М. : ПедиатрЪ, 2014. – 150 с.
17. Пищевое поведение подростков в Российской Федерации. – Всемирная организация здравоохранения, 2016. – 8 с.
18. Nekitsing, C. Developing healthy food preferences in preschool children through taste exposure, sensory learning, and nutrition education / C. Nekitsing, M. M. Hetherington, P. Blundell-Birtill // *Current Obesity Reports*. – 2018. – Vol. 7, № 1. – P. 60–67. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13679-018-0297-8>.
19. Childhood dietary intake in Italy: the epidemiological “My food diary” survey / E. Verduci, G. Banderali, C. Montanari [et al.] // *Nutrients*. – 2019. – Vol. 11, № 5. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11051129>.
20. Zalewska, M. Selected nutritional habits of teenagers associated with overweight and obesity / M. Zalewska, E. Maciorkowska // *PeerJ*. – 2017. – Vol. 5. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.3681>.
21. Diet of six-year-old Icelandic children – National dietary survey 2011–2012 / I. Gunnarsdottir, H. Helgadóttir, B. Thorisdóttir [et al.] // *Laeknabladid*. – 2013. – Vol. 99, № 1. – P. 17–23.
22. Делец, С. С. Питание подростков как важный фактор формирования здоровья / С. С. Делец // *Педиатрический вестник южного Урала*. – 2015. – № 2. – С. 20–24.
23. Анализ фактического питания детей и подростков России в возрасте от 3 до 19 лет / А. Н. Мартинчик, А. К. Батурин, Э. Э. Кешабянц и др. // *Вопросы питания*. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 50–60. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00059>.
24. Güngör, N. K. Overweight and obesity in children and adolescents / N. K. Güngör // *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinolog*. – 2014. – Vol. 6, № 3. – P. 129–143. DOI: <https://doi.org/10.4274/jcrpe.1471>.
25. Emmett, P. M. Diet, growth, and obesity development throughout childhood in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children / P. M. Emmett, L. R. Jones // *Nutrition Reviews*. – 2015. – Vol. 73. – P. 175–206. DOI: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv054>.
26. Investing in children: the European child and adolescent health strategy 2015–2020. – World Health Organization, 2014. – 23 p.
27. Шарманов, Т. Ш. Сравнительная характеристика фактического питания детей в возрасте 9–10 лет / Т. Ш. Шарманов, А. Б. Салханова, Г. К. Датхабаева // *Вопросы питания*. – 2018. – Т. 87, № 6. – С. 28–41. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10064>.
28. Children’s executive function and high calorie, low nutrient food Intake: mediating effects of child-perceived adult fast food intake / E. B. Tate, J. B. Unger, C. P. Chou [et al.] // *Health Education and Behavior*. – 2017. – Vol. 42, № 2. – P. 163–170. DOI: <https://doi.org/10.1177/1090198114547811>.
29. Situation of child and adolescent health in Europe (2018). – World Health Organization, 2018. – 231 p.
30. Candy consumption patterns, effects on health, and behavioral strategies to promote moderation: summary report of a roundtable discussion / R. L. Duyff, L. L. Birch, C. Byrd-Bredbenner [et al.] // *Advances in Nutrition*. – 2015. – Vol. 6, № 1. – P. 139–146. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.114.007302>.

31. Рынок кондитерских изделий показывает стабильный рост [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.indexbox.ru/news/rynok-konditerskih-izdelij-v-rossii-pokazyvaet-stabilnyj-rost/>. – Дата обращения: 07.04.2020.
32. Пырьева, Е. А. Новые продукты в питании детей раннего возраста и их роль в формировании пищевого поведения / Е. А. Пырьева, А. И. Сафронова, М. В. Гмошинская // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. – 2019. – Т. 64, № 1. – С. 130–135. DOI: <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2019-64-1-130-135>.
33. Единый реестр специализированной продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://portal.eaeunion.org/sites/odata/_layouts/15/portal.eec.registry.ui/directoryform.aspx?listid=0e3ead06-5475-466a-a340-6f69c01b5687&itemid=231#. – Дата обращения: 07.04.2020.
34. The global strategy for women's, children's and adolescents' health (2016–2030). – World Health Organization, 2015. – 105 p.
35. Total and free sugar content of Canadian prepackaged foods and beverages / J. T. Bernstein, A. Schermel, C. M. Mills [et al.] // *Nutrients*. – 2016. – Vol. 8, № 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8090582>.
36. Guideline: sugars intake for adults and children. – World Health Organization, 2015. – 59 p.
37. Snacks, sweetened beverages, added sugars, and schools / R. Murray, J. J. S. Bhatia, J. Okamoto [et al.] // *Pediatrics*. – 2015. – Vol. 135, № 3. – P. 575–583. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2014-3902>.
38. Guidance. Childhood obesity: a plan for action. – London : Public Health England, 2016. – 13 p.
39. Briggs, M. A. Saturated fatty acids and cardiovascular disease: replacements for saturated fat to reduce cardiovascular risk / M. A. Briggs, K. S. Petersen, P. M. Kris-Etherton // *Healthcare*. – 2017. – Vol. 5, № 2. DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare5020029>.
40. ω -6 polyunsaturated fatty acids and cardiometabolic health: current evidence, controversies, and research gaps / K. C. Maki, F. Eren, M. E. Cassens [et al.] // *Advances of Nutrition*. – 2018. – Vol. 9, № 6. – P. 688–700. DOI: <https://doi.org/10.1093/advances/nmy038>.
41. Dietary fats and cardiovascular disease: A presidential advisory from the American Heart Association / F. M. Sacks, A. H. Lichtenstein, J. H. Y. Wu [et al.] // *Circulation*. – 2017. – Vol. 136, № 3. DOI: <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000510>.
42. Technological properties of flour and their effect on quality indicators of sugar cookies / T. V. Savenkova, E. A. Soldatova, S. Yu. Misteneva [et al.] // *Food Systems*. – 2019. – Vol. 2, № 2. – P. 13–19. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-2-13-19>.
43. McRae, M. P. Health benefits of dietary whole grains: an umbrella review of meta-analyses / M. P. McRae // *Journal of Chiropractic Medicine*. – 2017. – Vol. 16, № 1. – P. 10–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.08.008>.
44. Dai, B. Modified insoluble dietary fibers in okara affect body composition, serum metabolic properties, and fatty acid profiles in mice fed high-fat diets: an NMR investigation / B. Dai, S. Huang, Y. Denga // *Food Research International*. – 2019. – Vol. 116. – P. 1239–1246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.011>.
45. Мистенева, С. Ю. Разработка мучных кондитерских изделий с использованием нерафинированного растительного сырья / С. Ю. Мистенева, Е. А. Солдатова, Т. В. Савенкова // *Пищевая промышленность*. – 2019. – № 8. – С. 66–71. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10129>.
46. Использование сырья с повышенным содержанием пищевых волокон при получении сахарного печенья для детей / И. И. Мизинчикова, М. А. Талейсник, Н. А. Щербакова [и др.] // *Хлебопечение России*. – 2019. – № 2. – С. 32–38.
47. Оспанов, А. А. Технология производства цельнозерновой муки / А. А. Оспанов, А. К. Тимурбекова. – Алматы : Нур-Принт, 2011. – 114 с.

References

1. Osnovy gosudarstvennoy politiki rossiyskoy federatsii v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya na period do 2020 goda: Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 08.11.2010 g. № 1873-r [The fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition for the period up to 2020: Order of the Government of the Russian Federation of 08.11.2010 No. 1873-r]. *Sobranie zakonodatel'stva Rossiyskoy Federatsii* [Corpus of Legislative Acts of the Russian Federation]. 2010;(45).
2. The UN decade of action on nutrition 2016-2025 [Internet]. [cited 2020 Apr 07]. Available from: <https://www.unscn.org/en/topics/un-decade-of-action-on-nutrition/>.
3. Lunze K, Yurasova E, Idrisov B, Gnatienco N, Migliorini L. Food security and nutrition in the Russian Federation – a health policy analysis. *Global Health Action*. 2015;8(1). DOI: <https://doi.org/10.3402/gha.v8.27537>.
4. Leibowitz J, Rosch JT, Ramirez E, Brill J, Ohlhausen M. Review of food marketing to children and adolescents. Follow-up report. Federal Trade Commission; 2012. 356 p.
5. Report on the Health of Canadians. The kids are not alright. How the food and beverage industry is marketing our children and youth to death. Heart and Stroke Foundation of Canada; 2017. 16 p.
6. A framework for implementing the set of recommendations on the marketing of foods and non-alcoholic beverages to children. Switzerland: World Health Organization; 2012. 62 p.
7. Marketing of foods high in fat, salt and sugar to children: update 2012–2013. Copenhagen: World Health Organization; 2013. 44 p.

8. Shchetinin M.: Zakonodatel'noe obespechenie proizvodstva detskogo pitaniya priobretaet vazhneyshee znachenie [Shchetinin M.: Legislative support for the production of baby food is becoming crucial] [Internet]. [cited 2020 Apr 07]. Available from: https://council.gov.ru/events/main_themes/84879/.
9. Prosekov AYu. Tekhnologiya proizvodstva blyud dieticheskogo, detskogo i lechebno-profilakticheskogo pitaniya [Technology for the production of dietary, pediatric, and therapeutic food]. Kemerovo: Kemerovo Technological Institute of Food Industry; 2006. 140 p. (In Russ.).
10. Podkolzina VA, Lazareva GYu, Mullayarova EhA, Trofimova GYu, Pavlova NV, Anashkina OV, et al. Detskoe pitanie. Polnyy spravochnik [Baby food. A complete reference book]. Voronezh: Nauchnaya kniga; 2013. 830 p. (In Russ.).
11. Sergeeva KM. Pediatriya [Pediatrics]. St. Petersburg: Piter; 2007. 544 p. (In Russ.).
12. Barysheva ES, Baranova OV. Organizatsiya ratsional'nogo pitaniya detey v obrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh [Organization of rational nutrition of children in educational institutions]. Orenburg: Orenburg State University; 2012. 305 p. (In Russ.).
13. Kleinman RE, Greer FR. Pediatric nutrition. American Academy of Pediatrics; 2014. 1506 p.
14. 2015–2020 Dietary Guidelines for Americans. Health and Human Services; United States Department of Agriculture; 2015. 122 p.
15. Government dietary recommendations. Government recommendations for energy and nutrients for males and females aged 1–18 years and 19+ years. – London: Public Health England; 2016. 12 p.
16. Baranov AA, Kuchma VR, Namazova-Baranova LS, Sukhareva LM, Il'in AG, Rapoport IK, et al. Strategiya “Zdorov'e i razvitie podrostkov Rossii” (garmonizatsiya Evropeyskikh i Rossiyskikh podkhodov k teorii i praktike okhrany i ukrepleniya zdorov'ya podrostkov) [The strategy “Health and development of adolescents in Russia” (harmonization of European and Russian approaches to the theory and practice of protecting and improving the health of adolescents)]. Moscow: Pediatr'; 2014. 150 p. (In Russ.).
17. Pishchevoe povedenie podrostkov v Rossiyskoy Federatsii [Eating habits of adolescents in the Russian Federation]. World Health Organization; 2016. 8 p. (In Russ.).
18. Nekitsing C, Hetherington MM, Blundell-Birtill P. Developing healthy food preferences in preschool children through taste exposure, sensory learning, and nutrition education. *Current Obesity Reports*. 2018;7(1):60–67. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13679-018-0297-8>.
19. Verduci E, Banderali G, Montanari C, Canani RB, Caserta LC, Corsello G, et al. Childhood dietary intake in Italy: the epidemiological “My food diary” survey. *Nutrients*. 2019;11(5). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11051129>.
20. Zalewska M, Maciorkowska E. Selected nutritional habits of teenagers associated with overweight and obesity. *PeerJ*. 2017;5. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.3681>.
21. Gunnarsdottir I, Helgadóttir H, Thorisdóttir B, Thorsdóttir I. Diet of six-year-old Icelandic children – National dietary survey 2011–2012. *Laeknabladid*. 2013;99(1):17–23.
22. Delets SS. Nutrition of adolescents as the important factor of the formation of the health. *Pediatric Bulletin of the South Ural*. 2015;(2):20–24. (In Russ.).
23. Martinchik AN, Baturin AK, Keshabyants EE, Fatyanova LN, Semenova YaA, Bazarova LB, et al. Dietary intake analysis of Russian children 3–19 years old. *Problems of Nutrition*. 2017;86(4):50–60. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00059>.
24. Gungör NK. Overweight and obesity in children and adolescents. *Journal of Clinical Research in Pediatric Endocrinolog*. 2014;6(3):129–143. DOI: <https://doi.org/10.4274/jcrpe.1471>.
25. Emmett PM, Jones LR. Diet, growth, and obesity development throughout childhood in the Avon Longitudinal Study of Parents and Children. *Nutrition Reviews*. 2015;73:175–206. DOI: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuv054>.
26. Investing in children: the European child and adolescent health strategy 2015–2020. World Health Organization; 2014. 23 p.
27. Sharmanov TSh, Salkhanova AB, Datkhabayeva GK. A comparative analysis of actual nutrition of children aged 9–10 years. *Problems of Nutrition*. 2018;87(6):28–41. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10064>.
28. Tate EB, Unger JB, Chou C-P, Spruijt-Metz D, Pentz MA, Riggs NR. Children's executive function and high calorie, low nutrient food intake: mediating effects of child-perceived adult fast food intake. *Health Education and Behavior*. 2017;42(2):163–170. DOI: <https://doi.org/10.1177/1090198114547811>.
29. Situation of child and adolescent health in Europe (2018). World Health Organization; 2018. 231 p.
30. Duyff RL, Birch LL, Byrd-Bredbenner C, Johnson SL, Mattes RD, Murphy MM, et al. Candy consumption patterns, effects on health, and behavioral strategies to promote moderation: summary report of a roundtable discussion. *Advances in Nutrition*. 2015;6(1):139–146. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.114.007302>.
31. Rynok konditerskikh izdeliy pokazyvaet stabil'nyy rost [Confectionery market shows steady growth] [Internet]. [cited 2020 Apr 07]. Available from: <https://www.indexbox.ru/news/rynok-konditerskih-izdelij-v-rossii-pokazyvaet-stabilnyj-rost/>.
32. Pyryeva EA, Safronova AI, Gmoshinskaya MV. New foods in the nutrition of young children and their role in eating behavior. *Russian Bulletin of perinatology and pediatrics*. 2019;64(1):130–135. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21508/1027-4065-2019-64-1-130-135>.

33. Edinyy reestr spetsializirovannoy produktsii [Unified register of targeted products] [Internet]. [cited 2020 Apr 07]. Available from: https://portal.eaeunion.org/sites/odata/_layouts/15/portal.eec.registry.ui/directoryform.aspx?listid=0e3ead06-5475-466a-a340-6f69c01b5687&itemid=231#.
34. The global strategy for women's, children's and adolescents' health (2016–2030). World Health Organization; 2015. 105 p.
35. Bernstein JT, Schermel A, Mills CM, L'Abbe MR. Total and free sugar content of Canadian prepackaged foods and beverages. *Nutrients*. 2016;8(9). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8090582>.
36. Guideline: sugars intake for adults and children. World Health Organization; 2015. 59 p.
37. Murray R, Bhatia JJS, Okamoto J, Allison M, De Pinto C, Holmes B, et al. Snacks, sweetened beverages, added sugars, and schools. *Pediatrics*. 2015;135(3):575–583. DOI: <https://doi.org/10.1542/peds.2014-3902>.
38. Guidance. Childhood obesity: a plan for action. London: Public Health England; 2016. 13 p.
39. Briggs MA, Petersen KS, Kris-Etherton PM. Saturated fatty acids and cardiovascular disease: replacements for saturated fat to reduce cardiovascular risk. *Healthcare*. 2017;5(2). DOI: <https://doi.org/10.3390/healthcare5020029>.
40. Maki KC, Eren F, Cassens ME, Dicklin MR, Davidson MH. ω -6 polyunsaturated fatty acids and cardiometabolic health: current evidence, controversies, and research gaps. *Advances of Nutrition*. 2018;9(6):688–700. DOI: <https://doi.org/10.1093/advances/nmy038>.
41. Sacks FM, Lichtenstein AH, Wu JHY, Appel LJ, Creager MA, Kris-Etherton PM, et al. Dietary fats and cardiovascular disease: A presidential advisory from the American Heart Association. *Circulation*. 2017;136(3). DOI: <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000510>.
42. Savenkova TV, Soldatova EA, Misteneva SYu, Taleisnik MA. Technological properties of flour and their effect on quality indicators of sugar cookies. *Food Systems*. 2019;2(2):13–19. DOI: <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2019-2-2-13-19>.
43. McRae MP. Health benefits of dietary whole grains: an umbrella review of meta-analyses. *Journal of Chiropractic Medicine*. 2017;16(1):10–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.08.008>.
44. Dai B, Huang S, Denga Y. Modified insoluble dietary fibers in okara affect body composition, serum metabolic properties, and fatty acid profiles in mice fed high-fat diets: an NMR investigation. *Food Research International*. 2019;116:1239–1246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.011>.
45. Misteneva SYu, Demchenko EA, Savenkova TV. Development of flour confectionery products with use of unrefined plant raw materials. *Food Industry*. 2019;(8):66–71. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2486-2019-10129>.
46. Mizinchikova II, Taleisnik MA, Shcherbakova NA, Demchenko EA, Gerasimov TV. Ispol'zovanie syr'ya s povyshennym soderzhaniiem pishchevykh volokon pri poluchenii sakharnogo pechen'ya dlya detey [Raw materials with a high content of dietary fiber in the production of sugar cookies for children]. *Baking in Russia*. 2019;(2):32–38. (In Russ.).
47. Ospanov AA, Timurbekova AK. Tekhnologiya proizvodstva tsel'nosmolotoy muki [Whole-ground flour production technology]. Almaty: Nur-Print; 2011. 114 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Мистенева Светлана Юрьевна

научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электrozаводская, 20, тел.: +7 (495) 962-17-35, e-mail: svetlana_mst@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1439-7972>

Савенкова Татьяна Валентиновна

д-р. техн. наук, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электrozаводская, 20, тел.: +7 (495) 963-54-75, e-mail: savtv@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4254-7931>

Демченко Елена Александровна

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электrozаводская, 20, тел.: +7 (495) 962-17-35, e-mail: confect@ya.ru

Information about the authors

Svetlana Yu. Misteneva

Researcher, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 962-17-35, e-mail: svetlana_mst@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-1439-7972>

Tatiana V. Savenkova

Dr.Sci.(Eng.), Director, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 963-54-75, e-mail: savtv@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4254-7931>

Elena A. Demchenko

Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher Research, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 962-17-35, e-mail: confect@ya.ru

Щербакова Наталья Алексеевна

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, тел.: +7 (495) 962-17-35, e-mail: labmki@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0466-9612>

Natalia A. Shcherbakova

Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 962-17-35, e-mail: labmki@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0466-9612>

Герасимов Тимофей Викторович

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, 107023, Россия, г. Москва, ул. Электрозаводская, 20, тел.: +7 (495) 962-17-35, e-mail: mki.niikp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5568-2120>

Timofey V. Gerasimov

Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, All-Russian Research Institute of the Confectionery Industry, 20, Electrozavodskaya Str., Moscow, Russia, 107023, phone: +7 (495) 962-17-35, e-mail: mki.niikp@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5568-2120>

Перспективы повышения витаминной ценности пищевых концентратов – бульонных кубиков

Л. Н. Шатнюк¹, О. А. Вржесинская², В. М. Коденцова^{2,*}, А. Е. Матвеева³



¹ НОЧУ ДПО «Международная промышленная академия»,
115093, Россия, г. Москва, ул. Щипок, 18

² ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания,
биотехнологии и безопасности пищи»,
109240, Россия, г. Москва, Устьинский проезд, 2/14

³ ООО «Фабрика ароматов «ФАБАРОМ»,
117292, Россия, г. Москва, ул. Ивана Бабуйкина, 3

Дата поступления в редакцию: 23.03.2020

Дата принятия в печать: 29.05.2020

*e-mail: kodentsova@ion.ru



© Л. Н. Шатнюк, О. А. Вржесинская, В. М. Коденцова, А. Е. Матвеева, 2020

Аннотация.

Введение. Бульонные кубики нашли широкое применение как в домашнем, так и в общественном питании. Данные научнотехнической литературы свидетельствуют об отсутствии в бульонных кубиках микронутриентов (витаминов, макро- и микроэлементов, биологически активных веществ). В пищевой промышленности есть положительный опыт обогащения бульонных кубиков йодом и железом. Учитывая высокую распространенность среди населения недостаточности витаминов группы В, целью работы была оценка возможности повышения микронутриентной ценности сухих пищевых концентратов для приготовления бульонов.

Объекты и методы исследования. Концентрат пищевой «Бульон сухой со вкусом курицы» и витаминно-минеральная смесь «Колос Форте», содержащая 5 витаминов группы В и железо в форме сульфата. Содержание витамина В₁ определяли флуорометрически тиохромным методом, витамина В₂ – флуорометрическим методом титрования рибофлавинсвязывающим белком.

Результаты и их обсуждение. Введение в рецептуру пищевого концентрата витаминно-минеральной смеси не оказывало влияния на органолептические показатели как сухого концентрата, так и восстановленного бульона. При добавлении витаминно-минерального премикса отмечалась хорошая сохранность витаминов, составившая 95–100 %. Дополнительное внесение витаминов группы В и железа в составе витаминно-минерального премикса дало возможность для увеличения содержания этих микронутриентов в порции готового бульона (200 мл) до уровня 19–30 % от рекомендуемого суточного потребления.

Выводы. Поведен анализ и систематизация материала по теме исследования, на основании которых выбран объект для обогащения премиксом. Разработаны пищевые концентраты – «бульонные кубики» с добавлением витаминно-минерального премикса, содержащего 5 витаминов группы В и железо. Повышенная микронутриентная ценность разработанного обогащенного концентрата позволяет рекомендовать его в качестве дополнительного источника витаминов и железа.

Ключевые слова. Витамины группы В, железо, витаминно-минеральный премикс, обогащенные пищевые концентраты, бульонные кубики

Для цитирования: Перспективы повышения витаминной ценности пищевых концентратов – бульонных кубиков / Л. Н. Шатнюк, О. А. Вржесинская, В. М. Коденцова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 296–305. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-296-305>.

Original article

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

Prospects for Increasing the Vitamin Value of Food Concentrates: Bouillon Cubes

L.N. Shatnyuk¹, O.A. Vrhesinskaya², V.M. Kodentsova^{2,*}, A.E. Matveeva³

¹ International Industrial Academy,
18, Shchipok Str., Moscow, 115093, Russia

Received: March 23, 2020

Accepted: May 29, 2020

*e-mail: kodentsova@ion.ru



© L.N. Shatnyuk, O.A. Vrhessinskaya, V.M. Kodentsova, A.E. Matveeva, 2020

Abstract.

Introduction. The lack of micronutrients in the diet of the Russian population continues to arouse the interest of the scientific community in the development of fortified foods. The range of enriched products on the domestic market remains quite poor. Bouillon cubes are popular in home cooking and catering. The data of the scientific and technical literature indicate an almost complete absence of micronutrients, e.g. vitamins, minerals, and trace elements, in bouillon cubes, with the exception of iodine when the formulation included iodized salt. There have also been successful attempts to fortify bouillon cubes with iron. Taking into consideration the high level of vitamin B deficiency in Russian population, the research objective was to assess the possibility of fortification of dry food concentrates to obtain bouillons rich in vitamins and iron.

Study objects and methods. The research featured dry food concentrate “Dry bouillon with chicken flavor” and the vitamin and mineral premix “Kolos Forte” containing five B vitamins and iron in the form of sulfate. The content of vitamin B₁ was determined fluorometrically by thiochrome method, and vitamin B₂ was determined by fluorometric titration with riboflavin-binding protein.

Results and discussion. The premix was selected based on a thorough analysis and systematization of the material on the research topic. The addition of a vitamin-mineral premix to the food concentrate did not affect the sensory properties of both dry concentrate and reconstituted bouillon. The added vitamins proved highly stable, amounting to 95–100%. The vitamin-mineral premix containing B vitamins and iron made it possible to increase the content of these micronutrients in a 200 mL bouillon portion to 19–30% of the recommended daily intake.

Conclusion. The diet of different population groups still remains poor in micronutrients, which makes food fortification an urgent task. The present article offers a comparative analysis of the nutritional value of chicken broths and those obtained from cubes fortified with vitamin and mineral premix. The vitamin value of one portion of reconstituted broth fortified with a vitamin and mineral premix which contained 19–30% of the recommended daily intake of vitamins and iron proved 2–5 times higher than that of actual meat broths. The research resulted in a new formulation for bouillon cubes with a vitamin-mineral premix containing five B vitamins and iron. The increased micronutrient value of the developed fortified product made it possible to recommend it as an additional source of vitamins and iron.

Keywords. B vitamins, iron, vitamin and mineral premix, fortified food concentrates, bouillon cubes

For citation: Shatnyuk LN, Vrhessinskaya OA, Kodentsova VM, Matveeva AE. Prospects for Increasing the Vitamin Value of Food Concentrates: Bouillon Cubes. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):296–305. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-296-305>.

Введение

В последние годы в жизнь современного человека прочно вошло понятие «бульонные кубики». Это спрессованные концентрированные и обезвоженные мясные (говяжий, куриный), рыбные или овощные бульоны – пищевой концентрат быстрого приготовления, при растворении которого в горячей воде получается готовый бульон. Удобство и быстрота приготовления являются преимуществом этой продукции [1, 2]. Пищевые концентраты транспортабельны и долго хранятся без искусственного охлаждения. В дальнейшем для изготовления бульонных кубиков стали использовать следующие ингредиенты (в порядке убывания по массе): пищевая соль (обычная или йодированная), загустители (мальтодекстрины, модифицированный крахмал), усилители вкуса и аромата, сахар, масло растительное, пищевые ароматизаторы, сушеные овощи (сельдерей, лук, морковь), травы и специи (куркума, петрушка, лавровый лист), красители натуральные (куркума молотая, сахарный

колер), сушеное мясо (курицы или говядины). Незначительное количество порошка мяса придает бульону натуральный запах, т. е. выполняет роль вкусо-ароматической добавки.

Бульонные кубики широко используются в общественном питании при приготовлении заправочных супов и других блюд на предприятиях экспресс-обслуживания [3]. Для торговой сети сухие супы и бульоны выпускают либо в насыпном виде, либо в виде бульонных кубиков. Сравнение натуральных бульонов с блюдом, приготовленным из «бульонных кубиков», показывает, что их состав имеет принципиальные отличия. Жир, который содержится в бульоне из кубиков, имеет растительное происхождение (пальмовое и подсолнечное масла). Цвет бульона достигается за счет красителей (сахарный колер E150, экстракт паприки E160c, куркума E100 и другие). Также в бульонных кубиках содержатся ароматизаторы (натуральные или идентичные натуральным), усилители вкуса и аромата (глутамат натрия E621, инозинат натрия E631,

Таблица 1. Пищевая и энергетическая ценность куриных бульонных кубиков

Table 1. Nutritional and energy value of chicken bouillon cubes

Пищевое вещество	Содержание в 100 г		
	«Кнорр»	«Галина Бланка»	«Магги»
Белок, г	7,0	4,0	0,6
Жиры, г	8,5	9,5	9,1
Углеводы, г	75	21	24
Энергетическая ценность, ккал	205	190	205
Масса 1 кубика, г	10	10	9

5'-гуанилат натрия 2-замещенный E627). При этом практически полностью отсутствуют микроэлементы и витамины. По мнению некоторых исследователей бульонные кубики являются искусственно созданной «пищей», представляющей собой смесь сухих ингредиентов [4]. На этикетке такой продукции часто указано, что продукт произведен «без добавления консервантов», хотя в этом содержится определенное лукавство, т. к. пищевая соль сама по себе обладает консервирующими свойствами.

Пищевая и энергетическая ценность некоторых бульонных кубиков различных производителей, присутствующих на российском рынке, представлены в таблице 1.

При приготовлении бульона из пищевого концентрата на 1 л воды вносится 1–2 бульонных кубика (10–20 г). Пищевая ценность готового бульона уменьшается в 50–100 раз.

Данные научно-технической литературы свидетельствуют о практически полном отсутствии в бульонных кубиках микронутриентов (витаминов, макро- и микроэлементов, биологически активных веществ) [5, 6]. Исключение составляет продукция, в рецептуру которой включена йодированная соль (около 80 % в сухой смеси), поэтому в питании населения некоторых стран (Гаити, Сенегал) сухие приправы и бульонные кубики стали важным источником йода [7, 8]. Имеется также положительный опыт обогащения бульонных кубиков железом (в форме пирофосфата железа) в Нигерии [6, 9].

В России бульонные кубики широко используются в питании малоимущего населения. Они заменяют дорогие натуральные продукты различного рода «заменителями» из-за их низкой стоимости и доступности [10, 11]. «Заменители» широко применяются в общественном питании для сокращения времени приготовления блюд, а также в питании студенческой молодежи [1, 2, 12]. Учитывая крайне низкое содержание незаменимых микронутриентов в этой группе продуктов, а также широкое распространение полигиповитаминозных состояний у различных групп населения, возникает целесообразность технологической модификации

такого рода изделий через обогащение витаминами и микроэлементами [13–15].

Недостаток в рационе питания населения витаминов группы В является приоритетной проблемой в России. Дефицит витаминов группы В у взрослого и детского населения обнаруживается чаще, чем витаминами А, Е и С [15]. Дефицит витамина В₂, оцениваемый по концентрации в крови, обнаруживается у значительного количества обследованных: диапазон 25-75-й перцентиль обходится на уровне 30–50 % [15]. В рационе практически половины взрослых жителей Омска (47,5–49,7 %) был выявлен недостаток витаминов В₁ и В₆ [16]. Уровни потребления витаминов В₁, В₂, РР, фолатов в рационе питания подростков Омской области также не достигают рекомендуемых величин [17]. Недостаток витаминов группы В, оцениваемый по их экскреции с мочой, обнаруживается у детей дошкольного и школьного возраста еще чаще. Дефицит витамина В₁ имеет место у 61 % обследованных детей, витамина В₂ – у 33 %, витамина В₆ – у 73 %. Лишь 23 % обследованных детей были обеспечены всеми исследованными витаминами, тогда как их недостаток обнаруживается у 30 % детей [18]. К группе риска развития дефицита витаминов группы В относится население с низкими доходами, для которых характерно недостаточное потребление мясных и молочных продуктов, рыбы. Они являются источниками этих витаминов и железа.

Восполнение недостаточного потребления витаминов и минеральных веществ с пищей производят путем обогащения рациона незаменимыми микронутриентами. Включение в рацион обогащенных пищевых продуктов массового потребления (спроса) промышленного производства является физиологичным способом обогащения рациона населения витаминами, не требующим изменения пищевых привычек. Учитывая, что у большинства населения имеется мультимикронутриентная недостаточность (недостаток одновременно нескольких витаминов и минеральных веществ), а в организме существуют межвитаминные метаболические взаимосвязи, предпочтительным является обогащение рациона не отдельными микронутриентами, а комплексом функционально связанных витаминов группы В [19, 20].

Проблему улучшения обеспеченности населения витаминами решают посредством регламентированного законом обогащения витаминами пищевой продукции. Примером может служить обязательное обогащение муки витаминами группы В (В₁, В₂, В₆, РР, В₉) и железом в США и Канаде, а также в странах СНГ. Целью обязательного обогащения продуктов питания является увеличение потребления микронутриентов для достижения адекватного уровня. Ликвидация дефицита микронутриентов является чрезвычайно острой проблемой для

Таблица 2. Химический состав и пищевая ценность витаминно-минерального премикса

Table 2. Chemical composition and nutritional value of the vitamin-mineral premix

Компонент (форма)	Содержание, г в 100 г смеси
Витамин В ₁ (тиамина гидрохлорид)	2,0
Витамин В ₂ (рибофлавин)	1,8
Витамин В ₆ (пиридоксина гидрохлорид)	3,0
Ниацин (никотинамид)	18
Фолиевая кислота	0,25
Аскорбиновая кислота* (Е300)	8,5
Fe (железа II сульфат моногидрат)	13
Мальтодекстрин	27
Калорийность, ккал	108

* технологическая добавка.

* a technological additive.

многих стран. В России она обозначена в качестве приоритетной задачи в Постановлении Правительства Российской Федерации «Концепция государственной политики в области здорового питания населения Российской Федерации». Однако в РФ отсутствует законодательно принятое обязательное обогащение пищевой продукции. Витаминизацию своей продукции в порядке инициативы осуществляют изготовители. На основании вышесказанного в качестве продукта-носителя витаминов группы В и железа были выбраны бульонные кубики.

Технологическая модификация различных видов пищевых продуктов с целью обогащения микронутриентами производится путем добавления в процессе производства витаминов и минеральных веществ или их смесей. Экономически целесообразным, надежным и одновременно простым способом обогащения является использование готовых смесей микронутриентов – витаминно-минеральных комплексов (ВМК премикс) промышленного изготовления [13, 21].

Согласно ГОСТ Р 58040-2017 «Комплексы витаминно-минеральные. Общие технические условия» применение премиксов повышает точность дозировки добавляемых в продукт микронутриентов, обеспечивает равномерное распределение обогащений в обогащаемом продукте, а также позволяет проводить производственный контроль за внесением

премикса и содержанием входящих в состав ВМК микронутриентов через определение нескольких входящих в состав витаминов и/или минеральных веществ [21].

Целью настоящего исследования было изучение возможности повышения микронутриентной ценности сухих пищевых концентратов для приготовления бульонов за счёт внесения витаминно-минерального премикса.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали концентрат пищевой «Бульон сухой со вкусом курицы» (ООО «Фабрика ароматов «ФАБАРОН», Россия) и витаминно-минеральная смесь «Колос Форте» (ООО «Технологии здоровья», Россия), содержащая 5 витаминов группы В и железо в форме сульфата.

В состав пищевого концентрата «Бульон сухой со вкусом курицы» входят соль пищевая, загустители (мальтодекстрин, модифицированный крахмал), усилители вкуса и аромата (Е621, Е627, Е631), сахар, масла растительные, ароматизатор пищевой «курица», лук сушеный, молоко сухое обезжиренное, регулятор кислотности (лимонная кислота Е330), петрушка сушеная, красители натуральные (Е150с, Е101), куркума молотая, мясо курицы сушеное.

В таблице 2 представлены химический состав и пищевая ценность витаминно-минерального премикса «Колос Форте».

Витаминно-минеральный премикс вносили в сухую смесь пищевого концентрата в количестве 0,5 %. Для равномерного распределения витаминов по массе концентрата премикс предварительно смешивали с модифицированным крахмалом. Затем подготовленную предсмесь добавляли в сухую смесь пищевого концентрата на стадии введения сухих ингредиентов и тщательно перемешивали.

В сухой смеси и приготовленном из него готовом бульоне определяли содержание витаминов В₁ и В₂. Содержание витамина В₁ устанавливали флуорометрически тиохромным методом, витамина В₂ – флуорометрическим методом титрования рибофлавинсвязывающим белком после проведения кислотно-ферментативного гидролиза [22].

Качество концентрата определяли по органолептическим показателям (цвет, запах сухого бульона, вкус и аромат готового бульона).

Таблица 3. Органолептические характеристики пищевых концентратов

Table 3. Sensory properties of food concentrates

Показатель	«Бульон сухой со вкусом курицы»	«Бульон сухой со вкусом курицы» с добавлением премикса
Цвет	Желтый с вкраплениями сушеной зелени	Желтый с вкраплениями сушеной зелени. Отклонений не выявлено
Запах сухого концентрата	Яркий запах куриного бульона	Яркий запах куриного бульона. Отклонений не выявлено.
Вкус и аромат готового бульона	Сладко-соленый вкус с ароматом курицы, без посторонних нот	Сладко-соленый вкус с ароматом курицы, без посторонних нот. Отклонений не выявлено

Таблица 4. Аналитически определенное содержание витаминов в бульонных кубиках

Table 4. Analytically determined vitamin content in bouillon cubes

Витамин	Содержание витамина в 100 г бульонных кубиков	
	без добавления премикса	с добавлением премикса
B ₁ , мг	0,010 ± 0,001	9,6 ± 2,2
B ₂ , мг	0,040 ± 0,001	10,2 ± 0,4

Результаты и их обсуждение

Установлено, что введение в рецептуру сухой смеси пищевого концентрата витаминно-минерального премикса не оказывало влияния на органолептические показатели как сухого концентрата, так и восстановленного бульона (табл. 3).

Полученные аналитические данные по содержанию витаминов в концентратах (табл. 4) свидетельствуют о практически полном отсутствии витаминов B₁ и B₂ в небогатом продукте.

При добавлении витаминно-минерального премикса отмечается хорошая сохранность этих микронутриентов, составившая 95–100 %.

Дополнительное внесение витаминов группы В в составе витаминно-минерального премикса дало возможность увеличить содержание этих витаминов в одной порции готового бульона (200 мл) до уровня 20–30 % от рекомендуемого суточного потребления, железа – до 19 % (табл. 5).

Таким образом, сухая смесь пищевого концентрата с добавлением витаминно-минерального премикса отвечает требованиям ТР ТС 022/2011 и полностью соответствуют критериям обогащенного витаминами и железом пищевого продукта.

Полученные результаты целесообразно сравнить с пищевой ценностью истинных бульонов. Бульон (от фр. bouillir) представляет собой жидкий навар из мяса, рыбы или овощей. Первоначально бульонные кубики действительно представляли собой спрессованный концентрированный и обезвоженный мясной (говяжий, куриный), рыбный или овощной

Таблица 5. Содержание витаминов и степень удовлетворения суточной потребности для взрослых за счет потребления 1 порции бульона, приготовленного из концентрата

Table 5. Vitamin content and recommended daily intake for adults in one portion of broth prepared from the concentrate

Микронутриент	Содержание витамина в 200 мл бульона (2 кубика на 1 л воды), мг	Степень удовлетворения потребности, %*
Витамин B ₁	0,38	27
Витамин B ₂	0,40	25
Витамин B ₆	0,60	30
Ниацин	3,60	20
Фолиевая кислота	0,05	25
Железо	2,60	19

* в соответствии с ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».

*in accordance with Technical Regulation of Customs Union 022/2011 “Food products labeling”.

Таблица 6. Пищевая и энергетическая ценность готовых бульонов по базам данных США и Эстонии [23, 24]

Table 6. Nutrition and energy value of ready-made broths according to the databases of the USA and Estonia [23, 24]

Пищевое вещество	Содержание в 100 г		
	Говяжий бульон	Куриный бульон	Рыбный бульон
Белок, г	0,6–2,0	0,64–2,5	2,3
Жиры, г	0,10–0,22	0,21–1,2	0,8
Углеводы, г	0,04–1,2	0,44–3,5	0
Энергетическая ценность, ккал	4–13,7	6–34,8	16,4
Витамины			
Витамин B ₁ , мг	0,002–0,030	0,021–0,04	0,03
Витамин B ₂ , мг	0,01–0,09	0,059–0,090	0,08
Витамин B ₆ , мг	0,01–0,06	0,06	0,04
Ниацин, мг НЭ	0,14–0,90	0,219–1,6	1,2
Минеральные вещества			
Калий, мг	54–185	18–105	144
Кальций, мг	5–8	3–4	3
Натрий, мг	198–372	143–371	156
Железо, мг	0,17–0,27	0,07–0,21	0
Вода, г	95,9–97,6	92,2–97,8	96,6

бульон. Однако позже кубики начали изготавливать из отдельных ингредиентов, но прочно вошедшее в обиход название сохранилось.

Пищевая и энергетическая ценность натуральных бульонов представлена в таблице 6.

Порция бульона, приготовленного из мяса, птицы или рыбы, содержит белок (2–6 % от рекомендуемого суточного потребления) и жир животного происхождения, минеральные вещества и витамины, экстрактивные азотистые вещества. Как видно из таблицы 6, содержание витаминов группы В в порции бульона (200 мл) составляет 4–10 % от рекомендуемого уровня потребления этих витаминов. Содержание железа не превышает 4 % от рекомендуемого суточного потребления. Содержание калия приближается к 10 % от физиологической потребности. Содержание витаминов группы В в приготовленных из мяса бульонах в 10–20 раз превышает содержание витаминов в блюдах, приготовленных из бульонных кубиков.

Таким образом, витаминная ценность порции приготовленного из обогащенного витаминно-минеральным премиксом бульона из кубиков (19–30 % от рекомендуемого суточного потребления витаминов и железа) в 2–5 раз выше, чем у бульонов, приготовленных из мяса.

Для населения России характерно недостаточное потребление витаминов группы В, йода и ряда других микроэлементов [14]. Для устранения поливитаминой и микроэлементной недостаточности используют обогащение пищевой продукции недостающими в питании микронутриентами. Эффективность фортификации зависит от правильно выбранного для этих целей пищевого продукта, пищевых привычек и степени охвата населения, используемых форм обогащающих компонентов [25]. Биодоступность железа, оцененная с использованием радиоизотопа ^{57}Fe по его включению в эритроциты через 16 дней после 5-дневного периода включения в рацион женщин с дефицитом железа или анемией, из бульонных кубиков, содержащих 2,5 мг железа (в форме пирофосфата), составила примерно 10 % [6]. При этом добавление пирофосфата натрия не увеличивало усвоение этого микроэлемента.

Время от времени среди населения и даже медицинских работников возникает недоверие к добавленным витаминам, что тормозит решение проблемы коренного улучшения пищевого статуса и здоровья населения нашей страны. Сравнительное исследование биодоступности витаминов группы В продемонстрировало сопоставимое усвоение натуральных (проросшие зерна квиноа *Chenopodium quinoa*) и синтетических витаминов группы В (B_1 , B_6 , B_9 и B_{12}), сопровождавшееся увеличением их уровня в сыворотке крови и снижением концентрации гомоцистеина, повышение которого является фактором риска развития сердечно-сосудистых

заболеваний [26, 27]. Использованный для обогащения сульфат железа хорошо растворим в воде и обладает хорошей усвояемостью [28].

Большое содержание в бульонных кубиках поваренной соли наталкивает на ее замену йодированной солью. В настоящее время пищевая промышленность производит бульонные кубики с повышенным содержанием йода [13]. Во многих странах сухие приправы и бульонные кубики, основным ингредиентом которых является йодированная соль, стали важным источником йода [7]. В одном из недавних обследований дошкольников в Гаити была обнаружена вполне приличная медианная концентрация йода в моче – 128 мкг/л. Несмотря на то, что йодированную соль в домохозяйствах при приготовлении пищи не использовали, йод поступал из бульонных кубиков, используемых в каждой семье, на 80 % состоящих из йодированной соли. Бульонные кубики были произведены в соседней Доминиканской республике с использованием качественной йодированной соли [5].

Бульонные кубики, как уже отмечалось, широко используются в питании малоимущего населения, а также в общественном питании [6–9]. В ходе анкетирования было установлено, что бульонные кубики потребляют 31 % опрошенных студентов [12]. Для сравнения: в Бразилии 54,1 % студентов университета используют бульонные кубики почти каждый день [29].

Таким образом, эти концентраты могут быть использованы в качестве носителей микронутриентов, а повышение их микронутриентной ценности можно рассматривать как целевое обогащение пищевых продуктов для отдельных категорий населения.

С позиций доказательной медицины на основе анализа 51 исследования было установлено, что, несмотря на гетерогенность анализируемых исследований (различия по обогащаемым продуктам, микронутриентам, дозировке, возрасту участников, продолжительности включения в рацион обогащенных продуктов, различий в базовом рационе питания или исходной обеспеченности микронутриентами), использование в питании обогащенных витамином А, железом, йодом, фолиевой кислотой пищевых продуктов приводит к увеличению концентрации этих микронутриентов в сыворотке крови, снижению частоты выявления анемии на 34 %, уменьшению частоты развития зоба на 74 % и снижению вероятности возникновения дефектов нервной трубки на 41 % [30].

Выводы

Ликвидация дефицита микронутриентов в питании населения многих стран мира является проблемой, требующей постоянного и пристального внимания. Для научного сообщества эта проблема является определенным вызовом современности. Много-

летний опыт свидетельствует о целесообразности обогащения дефицитными микронутриентами продуктов массового потребления.

Бульонные кубики являются востребованными как предприятиями общественного питания, так и потребителями для домашнего использования. Разработаны пищевые концентраты – бульонные кубики с добавлением витаминно-минерального премикса, содержащего 5 витаминов группы В и железа. Дана сравнительная характеристика пищевой ценности истинных бульонов и порции приготовленного бульона из кубиков, обогащенных витаминно-минеральным премиксом. Показано, что витаминная ценность порции обогащенного бульона из кубиков (19–30 % от рекомендуемого суточного потребления витаминов и железа) в 2–5 раз выше, чем у бульонов, приготовленных из мяса. Повышенная микронутриентная ценность разработанного обогащенного концентрата позволяет рекомендовать его в качестве дополнительного источника витаминов и железа.

Критерии авторства

Л. Н. Шатнюк руководила проектом (концепция и дизайн исследования). О. А. Вржесинская определяла витамины В₁ и В₂ в продукции, обрабатывала экспериментальные данные, участвовала в

написании статьи. В. М. Коденцова осуществляла подбор литературы и готовила текст статьи. А. Е. Матвеева проводила выработку обогащенного микронутриентами концентрата и проводила его органолептическую оценку. Все авторы участвовали в анализе и интерпретации данных и окончательно утвердили рукопись для публикации.

Конфликт интересов

Авторы заявляют отсутствие конфликтов интересов.

Contribution

L.N. Shatnyuk supervised the project and provided its concept and plan. O.A. Vrzhesinskaya determined the content of vitamins B₁ and B₂, processed experimental data, and participated in the writing of the article. V.M. Kodentsova selected the scientific literature and prepared the text of the article. A.E. Matveeva produced the fortified concentrate and conducted its sensory evaluation. All the authors participated in the analysis and interpretation of the data and approved the manuscript for publication.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Поздняковский. – Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2004. – 547 с.
2. Резниченко, И. Ю. К вопросу о классификации пищевых концентратов функционального назначения / И. Ю. Резниченко, И. А. Драгунова, В. М. Поздняковский // Пищевая промышленность. – 2007. – № 12. – С. 26.
3. Титова, Л. М. Разработка технологии традиционных для русской кухни блюд на предприятиях общественного питания экспресс обслуживания / Л. М. Титова, А. Х.-Х. Нугманов // Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2013. – Т. 3. – С. 3226–3230.
4. Орлин, Н. А. Исследование бульонных кубиков / Н. А. Орлин, А. А. Листвина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 4. – С. 102–104.
5. Герасимов, Г. А. Наука умеет много гитик / Г. А. Герасимов // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2016. – Т. 12, № 2. – С. 6–11. DOI: <https://doi.org/10.14341/ket20162611>.
6. High bioavailability from ferric pyrophosphate-fortified bouillon cubes in meals is not increased by sodium pyrophosphate: a stable iron isotope study in young Nigerian women / A. Eilander, O. M. Funke, D. Moretti [et al.] // The Journal of Nutrition. – 2019. – Vol. 149, № 5. – P. 723–729. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/nxz003>.
7. Герасимов, Г. А. De Gustibus о рекомендациях ВОЗ «Обогащение пищевой соли йодом для профилактики заболеваний, вызванных дефицитом йода» / Г. А. Герасимов // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2014. – Т. 10, № 4. – С. 5–8. DOI: <https://doi.org/10.14341/ket201445-8>.
8. Estimation of population iodine intake from iodized salt consumed through bouillon seasoning in Senegal / R. Spohrer, J. Knowles, V. Jallier [et al.] // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2015. – Vol. 1357, № 1. – P. 43–52. DOI: <https://doi.org/10.1111/nyas.12963>.
9. The effect of the “Follow in my Green Food Steps” programme on cooking behaviours for improved iron intake: a quasi-experimental randomized community study / R. Lion, O. Arulogun, M. Titiloye [et al.] // International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity. – 2018. – Vol. 15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0710-4>.
10. Чарыкова, О. Г. Современное состояние продовольственного обеспечения региона / О. Г. Чарыкова, С. В. Бадичев // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. – 2007. – Т. 35, № 4. – С. 248–253.

11. Сальникова, Е. В. Продовольственное обеспечение населения региона / Е. В. Сальникова, И. И. Чернышева // Современная экономика: проблемы и решения. – 2016. – Т. 80, № 8. – С. 71–80.
12. Бойкова, О. И. О влиянии пищевых добавок в рационе студентов / О. И. Бойкова, М. В. Рымшина, В. С. Якушина // Фундаментальные основы инновационного развития науки и образования / Г. Ю. Гуляев. – Пенза : «Наука и Просвещение», 2018. – С. 36–45.
13. Принципы обогащения микроэлементами продуктов растительного и животного происхождения / Г. И. Касьянов, А. М. Магомедов, А. М. Медведев [и др.] / Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума и Международного Косыгинского Форума «Современные инженерные проблемы ключевых отраслей промышленности» / Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина. – М., 2019. – С. 74–78.
14. 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.
15. Витаминная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации: 1987–2017 гг. / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Д. Б. Никитюк [и др.] // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 4. – С. 62–68. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043>.
16. Оценка витаминной обеспеченности населения крупного административно-хозяйственного центра Западной Сибири / Е. А. Вильмс, Д. В. Турчанинов, Т. А. Юнацкая [и др.] // Гигиена и санитария. – 2017. – Т. 96, № 3. – С. 277–280. DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-3-277-280>.
17. Гигиеническая оценка содержания водорастворимых витаминов в рационе питания подростков / О. В. Козубенко, Д. В. Турчанинов, Л. А. Боярская [и др.] // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 8. – С. 40–45.
18. Коденцова, В. М. Обеспеченность детей водорастворимыми витаминами (2015–2018 гг.) / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы практической педиатрии. – 2019. – Т. 14, № 2. – С. 7–14.
19. Спиричев, В. Б. Витамин D и его синергисты / В. Б. Спиричев, О. А. Громова // Земский врач. – 2012. – Т. 13, № 2. – С. 33–38.
20. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами – надежный путь оптимизации их потребления / В. Б. Спиричев, В. М. Позняковский, В. В. Трихина // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2–2. – С. 9–15.
21. К рабочей дискуссии о проекте ГОСТ Р «Комплексы витаминно-минеральные. Общие технические условия» / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Т. Ю. Гроздова [и др.] // Пищевая промышленность. – 2018. – № 2. – С. 28–34.
22. Скурихин, И. М. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : Брандес–Медицина, 1998. – 341 с.
23. FoodData Central [Internet]. – Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/query=bouillon>. – Date of the application: 24.03.2020.
24. NUTRIDATA [Internet]. – Available from: <https://tka.nutridata.ee/et/?query=puljong&groups=&component=39&exclude=false&type=all&starts=false>. – Date of the application: 24.03.2020.
25. Assessing coverage of population-based and targeted fortification programs with the use of the fortification assessment coverage toolkit (FACT): background, toolkit development, and supplement overview / V. M. Friesen, G. J. Aaron, M. Myatt [et al.] // Journal of Nutrition. – 2017. – Vol. 147, № 5. – P. 981S–983S. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.116.242842>.
26. Bioverfügbarkeit eines natürlichen versus eines synthetischen Vitamin-B-Komplexes und deren Auswirkungen auf metabolische Prozesse / M. Lindschinger, F. Tatzber, W. Schimetta [et al.] // MMW – Fortschritte der Medizin. – 2020. – Vol. 162. – P. 17–27. DOI: <https://doi.org/10.1007/s15006-020-0230-4>.
27. A randomized pilot trial to evaluate the bioavailability of natural versus synthetic vitamin B complexes in healthy humans and their effects on homocysteine, oxidative stress, and antioxidant levels / M. Lindschinger, F. Tatzber, W. Schimetta [et al.] // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2019. – Vol. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/6082613>.
28. Sodium pyrophosphate enhances iron bioavailability from bouillon cubes fortified with ferric pyrophosphate / C. I. Cercamondi, G. S. Duchateau, R. K. Harika [et al.] // British Journal of Nutrition. – 2016. – Vol. 116, № 3. – P. 496–503. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114516002191>.
29. Gama, D. N. Food dyes present in ultra-processed foods consumed by university students / D. N. Gama, M. L. T. Polônio // Revista de Pesquisa – Cuidado e Fundamental Online. – 2018. – Vol. 10, № 2. – P. 310–317. DOI: <https://doi.org/10.9789/2175-5361.2018.v10i2.310-317>.
30. Improved micronutrient status and health outcomes in low-and middle-income countries following large-scale fortification: evidence from a systematic review and meta-analysis / E. C. Keats, L. M. Neufeld, G. S. Garrett [et al.] // The American Journal of Clinical Nutrition. – 2019. – Vol. 109, № 6. – P. 1696–1708. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz023>.

References

1. Spirichev VB, Shatnyuk LN, Pozdnyakovskiy VM. Obogashchenie pishchevykh produktov vitaminami i mineral'nymi veshchestvami. Nauka i tekhnologiya [Food fortification with vitamins and minerals. Science and technology]. Novosibirsk: Siberian University; 2004. 547 p. (In Russ.).

2. Reznichenko IYu, Dragunova LA, Poznyakovskiy VM. Concerning question on classification of food concentrates of functional purpose. *Food Industry*. 2007;(12):26. (In Russ.).
3. Titova LM, Nugmanov AH-H. Development of technology for traditional Russian dishes in Express Food Service enterprises. *Koncept*. 2013;3:3226–3230. (In Russ.).
4. Orlin NA, Listvina AA. Issledovanie bul'onnykh kubikov [A study of bouillon cubes]. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. 2012;(4):102–104. (In Russ.).
5. Gerasimov GA. Science can handle many gitiks. *Clinical and experimental thyroidology*. 2016;12(2):6–11. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14341/ket20162611>.
6. Eilander A, Funke OM, Moretti D, Zimmermann MB, Owojuyigbe TO, Blonk C, et al. High bioavailability from ferric pyrophosphate-fortified bouillon cubes in meals is not increased by sodium pyrophosphate: a stable iron isotope study in young Nigerian women. *The Journal of Nutrition*. 2019;149(5):723–729. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/nxz003>.
7. 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>.
8. Spohrer R, Knowles J, Jallier V, Ndiaye B, Indorf C, Guinot P, et al. Estimation of population iodine intake from iodized salt consumed through bouillon seasoning in Senegal. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2015;1357(1):43–52. DOI: <https://doi.org/10.1111/nyas.12963>.
9. Lion R, Arulogun O, Titiloye M, Shaver D, Jain A, Godwin B, et al. The effect of the “Follow in my Green Food Steps” programme on cooking behaviours for improved iron intake: a quasi-experimental randomized community study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2018;15. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12966-018-0710-4>.
10. Charykova OG, Badichev SV. Modern conditions of regional food provision. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Istoriya. Politologiya. Ehkonomika* [Scientific Reports of Belgorod State University. Series: History. Political science. Economy]. 2007;35(4):248–253. (In Russ.).
11. Salnikova EV, Chernysheva II. Food supply of the population of the region. *Modern Economics: problems and solutions*. 2016;80(8):71–80. (In Russ.).
12. Boikova OI, Rimshina MV, Yakushina VS. The influence of food additives in the diet of students. In: Gulyaev GYu, editor. *Fundamental'nye osnovy innovatsionnogo razvitiya nauki i obrazovaniya* [Foundations of the innovative development of science and education]. Penza: Nauka i Prosveshchenie; 2018. 36–45 p. (In Russ.).
13. Kasyanov GI, Magomedov AM, Medvedev AM, Mishkevich EYu. The principles of enrichment in trace elements of products of vegetable and animal origin. *Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo simpoziuma i Mezhdunarodnogo Kosygin'skogo Foruma “Sovremennye inzhenernye problemy klyuchevykh otrasley promyshlennosti”* [Proceedings of the International Scientific and Technical Symposium and the International Kosygin Forum “Modern engineering problems of key industries”]; 2019; Moscow. Moscow: Russian State University named after A.N. Kosygina; 2019. p. 74–78. (In Russ.).
14. 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.).
15. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Nikityuk DB, Tutelyan VA. Vitamin status of adult population of the Russian Federation: 1987–2017. *Problems of Nutrition*. 2018;87(4):62–68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043>.
16. Vilms EA, Turchaninov DV, Yunatskaya TA, Sokhoshko IA. Assessment of vitamin provision of the population of the large administrative and economic center of the western Siberia. *Hygiene and Sanitation. Russian Journal*. 2017;96(3):277–280. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-3-277-280>.
17. Kozubenko OV, Turchaninov DV, Boyarskaya LA, Glagoleva ON, Pogodin IS, Luksha EA. Hygienic assessment of water-soluble vitamins content in the food ration of adolescents. *Hygiene and Sanitation. Russian Journal*. 2015;94(8):40–45. (In Russ.).
18. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA. Sufficiency of children with water-soluble vitamins (2015–2018). *Clinical Practice in Pediatrics*. 2019;14(2):7–14. (In Russ.).
19. Spirichev VB, Gromova OA. Vitamin D and its synergists. *Zemskiy vrach* [Zemsky Doctor]. 2012;13(2):33–38. (In Russ.).
20. Spirichev VB, Poznyakovskiy VM, Trikhina VV. Obogashchenie pishchevykh produktov mikronutrientami – nadezhnyy put' optimizatsii ikh potrebleniya [Micronutrient fortification of foods as optimization of their consumption]. *Polzunovskiy vestnik*. 2012;(2–2):9–25. (In Russ.).
21. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Grozdova TYu, Kulnich LA, Kalinin AYa. To the working discussion on the state standard project “Complexes vitamin-mineral. General specification”. *Food Industry*. 2018;(2):28–34. (In Russ.).
22. Skurikhin IM, Tutel'yan VA. Rukovodstvo po metodam analiza kachestva i bezopasnosti pishchevykh produktov [Procedures on food quality and safety analysis methods]. Moscow: Brandes–Meditsina; 1998. 341 p. (In Russ.).
23. FoodData Central [Internet]. [cited 2020 Mar 24]. Available from: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/query=bouillon>.
24. NUTRIDATA [Internet]. [cited 2020 Mar 24]. Available from: <https://tka.nutridata.ee/et/?query=puljong&groups=&component=39&exclude=false&type=all&starts=false>.

25. Friesen VM, Aaron GJ, Myatt M, Neufeld LM. Assessing coverage of population-based and targeted fortification programs with the use of the fortification assessment coverage toolkit (FACT): background, toolkit development, and supplement overview. *Journal of Nutrition*. 2017;147(5):981S–983S. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.116.242842>.

26. Lindschinger M, Tatzber F, Schimetta W, Schmid I, Lindschinger B, Cvirn G, et al. Bioverfügbarkeit eines natürlichen versus eines synthetischen Vitamin-B-Komplexes und deren Auswirkungen auf metabolische Prozesse. *MMW – Fortschritte der Medizin*. 2020;162:17–27. (In Ger.). DOI: <https://doi.org/10.1007/s15006-020-0230-4>.

27. Lindschinger M, Tatzber F, Schimetta W, Schmid I, Lindschinger B, Cvirn G, et al. A randomized pilot trial to evaluate the bioavailability of natural versus synthetic vitamin B complexes in healthy humans and their effects on homocysteine, oxidative stress, and antioxidant levels. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2019;2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/6082613>.

28. Cercamondi CI, Duchateau GS, Harika RK, van den Berg R, Murray P, Koppenol WP, et al. Sodium pyrophosphate enhances iron bioavailability from bouillon cubes fortified with ferric pyrophosphate. *British Journal of Nutrition*. 2016;116(3):496–503. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0007114516002191>.

29. Gama DN, Polônio MLT. Food dyes present in ultra-processed foods consumed by university students. *Revista de Pesquisa – Cuidado e Fundamental Online*. 2018;10(2):310–317. DOI: <https://doi.org/10.9789/2175-5361.2018.v10i2.310-317>.

30. Keats EC, Neufeld LM, Garrett GS, Mbuya MNN, Bhutta ZA. Improved micronutrient status and health outcomes in low- and middle-income countries following large-scale fortification: evidence from a systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2019;109(6):1696–1708. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz023>.

Сведения об авторах

Шатнюк Людмила Николаевна

д-р техн. наук, профессор кафедры пищевых производств, НОЧУ ДПО «Международная промышленная академия», 115093, Россия, г. Москва, ул. Щипок, 18, тел.: +7 (495) 532-89-97, e-mail: ls0901@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0388-4089>

Вржесинская Оксана Александровна

канд. био. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия, г. Москва, Устьинский проезд, 2/14, тел.: +7 (495) 698-53-30, e-mail: vr.oksana@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8973-8153>

Коденцова Вера Митрофановна

д-р био. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории витаминов и минеральных веществ, «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи», 109240, Россия, г. Москва, Устьинский проезд, 2/14, тел.: +7 (495) 698-53-30, e-mail: kodentsova@ion.ru

Матвеева Анна Евгеньевна

главный технолог, ООО «Фабрика ароматов «ФАБАРОМ», 117292, Россия, г. Москва, ул. Ивана Бабушкина, 3, тел.: +7 (915) 240-70-44, e-mail: gubarenkova@faberon.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5676-9597>

Information about the authors

Lyudmila N. Shatnyuk

Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Food Production, International Industrial Academy, 18, Shchipok Str., Moscow, 115093, Russia, phone: +7 (495) 532-89-97, e-mail: ls0901@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-0388-4089>

Oksana A. Vrzhesinskaya

Cand.Sci.(Bio.), Leader Researcher of the Laboratory of Vitamins and Minerals, Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14, Ustinsky pr., Moscow, 109240, Russia, phone: +7 (495) 698-53-30, e-mail: vr.oksana@yandex.ru

<https://orcid.org/0000-0002-8973-8153>

Vera M. Kodentsova

Dr.Sci.(Bio.), Professor, Chief Researcher of the Laboratory of Vitamins and Minerals, Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14, Ustinsky pr., Moscow, 109240, Russia, phone: +7 (495) 698-53-30, e-mail: kodentsova@ion.ru

Anna E. Matveeva

Chief Technologist, LLC FABAROM Fragrance Factory, 3, Ivan Babushkina Str., Moscow, 117292, Russia, phone: +7 (915) 240-70-44, e-mail: gubarenkova@faberon.ru

<https://orcid.org/0000-0001-5676-9597>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-306-318>
УДК 637.344

Обзорная статья
<http://fptt.ru/>

Противодиабетическая активность белков молочной сыворотки

Е. Ю. Агаркова*^{ORCID}, К. А. Рязанцева^{ORCID}, А. Г. Кручинин^{ORCID}



Дата поступления в редакцию: 24.04.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
молочной промышленности»,
115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, 35

*e-mail: e_agarkova@vniimi.org



© Е. Ю. Агаркова, К. А. Рязанцева, А. Г. Кручинин, 2020

Аннотация.

Введение. С появлением технологий мембранной фильтрации молочная сыворотка перестала рассматриваться как низкоценный побочный продукт, полученный при производстве сыра и творога. Использование методов глубокой переработки сыворотки в совокупности с биотехнологическими подходами позволило получать не только концентраты сывороточных белков, но и функциональные ингредиенты на ее основе.

Объекты и методы исследования. В результате информационно-аналитического поиска были изучены и структурированы современные результаты исследований российских и зарубежных научных коллективов в области разработки функциональных противодиабетических ингредиентов на основе гидролизованных белков молока и сыворотки.

Результаты и их обсуждение. Наиболее мощным пептидом, ингибирующим дипептидилпептидазу IV (DPP-IV), идентифицированным зарубежными учеными в молочных белках, является Пе-Pro-Ile (дипротин А) со значением IC_{50} 4,7 μ М, предшественником которого является к-казеин. В работах по гидролизу β -лактоглобулина трипсином показано получение пептидного фрагмента IPAVF с наиболее сильной ингибирующей активностью DPP-IV (IC_{50} 44,7 μ М). В других работах гидролиз β -лактоглобулина приводил к получению фрагментов LKPTPEGDL и LKPTPEGDLLEIL с ингибирующей активностью DPP-IV IC_{50} 45 и 57 μ М соответственно. Ряд исследований описывает получение аналогичных фрагментов со схожей активностью при последовательном воздействии фермента Нейтраза на β -лактоглобулин с последующим гидролизом пепсином. В исследованиях по гидролизу α -лактальбумина пепсином учеными были идентифицированы пептиды WLAHKALCSEKLDQ и LANKALCSEKL, обладающие ингибирующей активностью DPP-IV на уровне IC_{50} 141 и 166 μ М соответственно.

Выводы. Анализ результатов исследований российских и зарубежных ученых показал перспективность гидролиза молочных белков и необходимость разработки противодиабетических добавок на основе молочного белка. Они могут с успехом использоваться в терапии больных сахарным диабетом 2 типа. Кроме того, авторы работ отмечают необходимость в проведении дальнейших исследований в этой области с целью установления безопасности применения биологически активных пептидов.

Ключевые слова. Сывороточные белки, ферменты, гидролиз, дипептидилпептидаза IV, противодиабетическая активность

Для цитирования: Агаркова, Е. Ю. Противодиабетическая активность белков молочной сыворотки / Е. Ю. Агаркова, К. А. Рязанцева, А. Г. Кручинин // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 306–318. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-306-318>.

Review article

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

Anti-Diabetic Activity of Whey Proteins

Е.Yu. Agarkova*^{ORCID}, K.A. Ryazantseva^{ORCID}, A.G. Kruchinin^{ORCID}

Received: April 24, 2020
Accepted: May 29, 2020

All-Russian Dairy Research Institute,
35, Lusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093

*e-mail: e_agarkova@vniimi.org



© E.Yu. Agarkova, K.A. Ryazantseva, A.G. Kruchinin, 2020

Absract.

Introduction. With the advent of membrane filtration technologies, milk whey stopped being a “by-product” of cheese, cottage cheese, and casein production. The combination of various whey-processing technologies, e.g. enzymatic hydrolysis and membrane

fractionation, made it possible to obtain concentrates, isolates, and hydrolysates of whey proteins with various biologically active effects.

Study objects and methods. The article features research results of Russian and foreign scientific teams in the development of functional antidiabetic ingredients from hydrolyzed proteins of milk and whey.

Results and discussion. According to foreign studies, Ile-Pro-Ile (diprotin A) with an IC_{50} value of 4.7 μM is one of the most effective low molecular mass peptides with an inhibitory potential against DPP-IV. Various studies of trypsin hydrolysis of β -lactoglobulin described the production of IPAVF peptide fragment with the most potent inhibitory activity of DPP-IV ($IC_{50} = 44.7 \mu\text{M}$). Other studies featured pepsin-treated lactoglobulin production of fragments LKPTPEGDL and LKPTPEGDLEIL with inhibitory activity DPP-IV $IC_{50} = 45$ and $57 \mu\text{M}$, respectively. A number of studies described similar fragments obtained by the sequential action of the enzyme preparation Neutrase 0.8 LTM on β -lactoglobulin, followed by pepsin hydrolysis. As for the hydrolysis of α -lactalbumin with pepsin, scientists identified peptides WLAHKALCSEKLDQ, LAHKALCSEKL, and TKCEVFRE. They revealed a high inhibitory potential against DPP-IV ($IC_{50} = 141, 165, \text{ and } 166 \mu\text{M}$, respectively). Tryptic hydrolysates of bovine β -lactoglobulin proved to be able to inhibit DPP-IV in vitro (IC_{50} of $210 \mu\text{M}$). Peptide VAGTWY was the major compound responsible for this effect, displaying an IC_{50} of $174 \mu\text{M}$. In other research, tryptic hydrolysate inhibited DPP-IV with an IC_{50} value of 1.6 mg/mL , also demonstrating antioxidant and ACE-inhibitory activities. This hydrolysate became source of VAGTWY, the most potent DPP-IV inhibitor (IC_{50} of $74.9 \mu\text{M}$).

Conclusion. An analysis of Russian and foreign studies proved that milk protein hydrolysis has a great potential for antidiabetic additives used in the treatment of type II diabetes. This requires further research in order to define the safety of biologically active peptides.

Keywords. Whey proteins, enzymes, hydrolysis, dipeptidylpeptidase IV, antidiabetic activity

For citation: Agarkova EYu, Ryazantseva KA, Kruchinin AG. Anti-Diabetic Activity of Whey Proteins. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):306–318. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-306-318>.

Введение

Восприятие мировым научным сообществом молочной сыворотки как загрязняющего вещества изменилось с открытием ее функциональных и биологически активных свойств [1]. Молочные белки играют важную роль не только в качестве источника незаменимых аминокислот и азота, но и как богатый источник различных биологически активных пептидов [2]. Биоактивные пептиды, находясь в структуре белка, не проявляют своих функциональных свойств. Их высвобождение, а следовательно, и усиление биофункциональных свойств может происходить за счет расщепления структуры белка в результате гидролиза пищеварительными ферментами, протеолитическими микроорганизмами и действием растительных или микробных протеаз [3, 4]. Специфичность протеаз влияет на длину пептида, а также на состав, структурные свойства и последовательности аминокислот. Это влияет на биологическую активность гидролизатов [5, 6]. Обработка белкового субстрата различными протеазами с различными спектрами специфичности приводит к образованию гидролизатов, которые содержат смесь свободных аминокислот, олигопептидов с высокой и средней молекулярной массой и коротких пептидов с разными аминокислотными последовательностями. Биологическая активность гидролизатов обусловлена синергетическим действием различных биоактивных пептидов [5].

За последние два десятилетия были проведены многочисленные исследования антиоксидантных, АПФ-ингибирующих, антигипертензивных, иммуностимулирующих, антимикробных и других

биологических свойств пептидов, полученных в результате гидролиза казеиновых и сывороточных белков. Эти исследования подтверждают актуальность использования молочных белков в качестве источника биологически активных пептидов [2, 3]. Специфичность ферментов, используемых для протеолиза молочного белка, является важным фактором в получении биофункциональных белковых гидролизатов с желаемой биологической активностью [5, 7]. В данной работе представлена оценка специфичности различных ферментных препаратов, используемых для получения гидролизатов белков молочной сыворотки с противодиабетической активностью.

Диабет является одним из самых распространенных хронических заболеваний. По оценкам Международной федерации диабета, в настоящее время во всем мире страдают от диабета 415 миллионов человек, 91 % из которых имеют сахарный диабет 2 типа (СД-2) [8, 9]. СД-2 является метаболическим сбоем в организме, характеризующимся нарушением секреции инсулина β -клетками и резистентностью к инсулину в тканях. Такое состояние нередко связано с развитием ряда осложнений, включая гипертонию и сердечно-сосудистые заболевания [10].

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований были определены сывороточные белки, белки молока, различные коммерческие ферментные препараты, а также процесс гидролиза белков, направленный на получение пептидов с противодиабетической активностью. Для написания обзора было

проанализировано 34 зарубежных и литературных источника, отражающих суть изложенной проблемы.

Результаты и их обсуждение

Множество работ посвящено изучению ингибирования дипептидилпептидазы IV (DPP-IV), метаболического фермента, различными пептидами, полученными из пищевых белков. Во время постпрандиальной фазы DPP-IV способен расщеплять инкретины – гормоны желудочно-кишечного тракта, которые вырабатываются в ответ на прием пищи и вызывают стимуляцию выработки инсулина. К инкретинам относятся два гормона: глюкагоноподобный пептид-1 (ГПП-1) и глюкозозависимый инсулиноподобный полипептид (ГИП). Расщепление инкретина приводит к их инактивации, которая вызывает потерю их инсулиноподобной активности [11]. Ингибиторы DPP-IV и α -глюкозидазы, которые относятся к классу глиптинов, представляют собой два класса фармакотерапевтических агентов, используемых для лечения диабета 2 типа в качестве средства регулирования уровня глюкозы в сыворотке крови после приема пищи. Однако при использовании глиптинов для лечения диабета 2 типа проявляются побочные эффекты [12]. В данном контексте особый интерес может представлять поиск природных соединений, которые не связаны с какими-либо неблагоприятными побочными эффектами. Эффективность большинства пептидов, ингибирующих DPP-IV и полученных из пищевых белков, идентифицированных в литературе, в 1000 раз меньше, чем у глиптинов [13]. В настоящее время наиболее мощным пептидом, ингибирующим DPP-IV, идентифицированным в пищевых белках, является Ile-Pro-Ile (дипротин А) со значением IC_{50} 4,7 μ M, который присутствует в пищевых белках, таких как к-казеин или овотрансферрин из куриного яйца [12].

Разнообразные белки рассматриваются как предшественники пептидов, ингибирующих DPP-IV [14]. В различных исследованиях подходы *in silico* выявили несколько пептидов, зашифрованных в аминокислотных последовательностях пищевых белков, которые могут действовать как ингибиторы DPP-IV, включая белки молочной сыворотки крупного рогатого скота [12, 13, 15, 16].

В работе А. В. Nongonierma с соавторами была исследована ингибирующая DPP-IV активность гидролизата сывороточного белка, полученного с использованием пищевого фермента Королаза РР при соотношении фермента к субстрату (Е:С) 1 % (вес/вес) при 50 °С в течение 240 мин. Гидролиз проводили при постоянном рН 7,0. Значение ингибирующей концентрации полученного гидролизата IC_{50} составляло $1,34 \pm 0,11$ мг/мл. Имитация переваривания гидролизата сывороточного белка

в желудочно-кишечном тракте увеличивала его ингибирующий потенциал DPP-IV ($IC_{50} = 1,02$ мг/мл). Фракционирование гидролизата сывороточных белков через мембрану с размером пор 5 кДа с последующим фракционированием полученного пермеата с использованием мембраны 2 кДа привело к обогащению конечного пермеата пептидами, ингибирующими DPP-IV. Значение IC_{50} пермеата 5 кДа ($0,95 \pm 0,16$ мг/мл) было значительно выше по сравнению с пермеатом 2 кДа ($0,48 \pm 0,11$ мг/мл). Пермеаты, генерируемые через УФ мембраны с размером пор 5 и 2 кДа, обладали более сильными ингибирующим DPP-IV эффектом, чем концентраты. Однако они были примерно в 500 раз менее эффективны, чем лекарственный препарат дипротин А ($IC_{50} = 0,001454 \pm 0,000218$ мг/мл) [16].

В последующих исследованиях А. В. Nongonierma с соавторами был изучен потенциал изолята молочных белков (ИМБ), гидролизованного Нейтразой 0.8 LTM, в качестве источника пептидов, ингибирующих DPP-IV [12]. Было показано, что изменение параметров гидролиза (времени и температуры) может влиять на ингибирующую активность DPP-IV у получающихся гидролизатов ИМБ. Стабильность ингибирующих DPP-IV свойств гидролизатов ИМБ после инкубации с пищеварительными ферментами авторы оценивали с использованием протокола искусственного желудочно-кишечного пищеварения (SGID) *in vitro* с применением пепсина. В отобранных гидролизатах ИМБ авторами были идентифицированы пептид LKPTPEGDLEIL f (46–57), полученный из β -лактоглобулина (табл. 1) и ингибирующий DPP-IV со значением IC_{50} 74 μ M. Пептид в ходе SGID распадался на более короткие фрагменты, такие как LKPTPEGDL f (46–54) и LKPTPEGDLE f (46–55), которые также проявляли высокие ингибирующие свойства к DPP-IV (значения IC_{50} для DPP-IV 45 и 42 μ M соответственно) (табл. 1) [12]. Данные последовательности пептидов были обнаружены ранее в работе I. M. E. Lacroix и E. C. Y. Li-Chan, где также сообщается об их ингибирующих DPP-IV свойствах [17]. Помимо пептидных последовательностей, описанных выше, другими авторами после исследования гидролизатов β -лактоглобулина на аналогичных моделях желудочно-кишечного тракта было идентифицировано 2 последовательности пептидов, ингибирующих DPP-IV: TPEVDDEALEK f (125–135) ($IC_{50} = 320$ μ M) и VLVLDTDYK f (92–100) ($IC_{50} = 424$ μ M). Ими же обнаружены противодиабетические пептиды из гидролизатов лактоферрина: WK f (268–269) ($IC_{50} = 41$ μ M) и WQ f (22–23) ($IC_{50} = 120$ μ M) [11].

В своих исследованиях О. Power с соавторами использовал коммерческий β -лактоглобулин в качестве субстрата для приготовления гидролизата с использованием фермента трипсина. Полученный

Таблица 1. Пептиды, полученные из сывороточных белков и обладающие ингибирующей активностью в отношении дипептидилпептидазы IV (DPP-IV)

Table 1. Peptides derived from whey proteins with inhibitory activity against dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV)

Исходный белок	Фермент	Аминокислотная последовательность	IC ₅₀ , μM	Ссылка
β-лактоглобулин	Нейтраза 0,8 LTM	LKPTPEGDLEIL f(46–57)	74,0	[11]
	Нейтраза 0,8 LTM, затем пепсин	LKPTPEGDL f(46–54)	45,0	
		LKPTPEGDLE f(46–55)	42,0	
	<i>In silico</i>	IPA f(78–80)	49,0	[21]
	Трипсин	VAGTWY f(15–20)	74,9	[22]
		IPAVF f(78–82)	44,7	[18]
		IPAVFK f(78–83)	149,1	[16]
		TPEVDDEALEK f(125–135)	578,7	[16]
		VLVLDTDYK f(92–100)	424,4	[18]
	Пепсин	LKPTPEGDL f(46–54)	45,0	[20]
LKPTPEGDLEIL f(46–57)		57,0	[20]	
α-лактальбумин	Пепсин	IPAVFKIDA f(78–86)	191,0	[20]
		WLANKAL f(104–110)	286,0	
		WLANKALCSEKLDQ f(104–117)	141,0	
		LANKALCSEKL f(105–115)	165,0	
		LCSEKLDQ f(110–117)	186,0	
		TKCEVFRE f(4–11)	166,0	
		IVQNNDSTEYGLF f(41–53)	337,0	
	Трипсин	EQLTKCEVFR f(1–10)	883,0	[8]
		KILDKVGINYWLANK f(94–108)	930,0	
		ILDKVGINYWLANK f(95–108)	456,0	
		VGINYWLANK f(99–108)	765,0	
		LDQWLCEKL f(115–123)	131,0	

гидролизат ингибировал DPP-IV со значением IC₅₀ 1,6 мг/мл, демонстрируя антиоксидантную и ингибирующую АПФ активность [18]. Гидролизат фракционировали через мембраны с размером пор 1, 2 и 5 кДа. Диафильтрационные пермеаты, последовательно пропущенные через мембраны с размером пор 5 и 2 кДа, показали повышенное ингибирование DPP-IV со значениями IC₅₀ 0,58 и 0,53 мг/мл соответственно. Концентраты после диафильтрации не оказывали существенного влияния на DPP-IV. Это подтверждает теорию, согласно которой за наблюдаемую биологическую активность ответственны пептиды с более низкой молекулярной массой. Из этого гидролизата авторы также идентифицировали пептид VAGTWY f(15–20) – наиболее сильный ингибитор DPP-IV (IC₅₀ = 74,9 μM). Также авторами была продемонстрирована ингибирующая активность DPP-IV фрагментов IPAVFK и TPEVDDEALEK (табл. 1) [18]. VAGTWY является многофункциональным биоактивным пептидом, поскольку он также проявлял значительную антиоксидантную и АПФ-ингибирующую активность [18, 19]. Кроме того, VAGTWY, IPAVFK и TPEVDDEALEK обладают антимикробными свойствами в отношении грамположительных бактерий [19].

В работе М. Uchida с соавторами сообщалось, что гидролизат β-лактоглобулина, полученный

с использованием фермента трипсина, снижал уровень глюкозы в крови у мышей, по сравнению с контрольной группой, после перорального теста на толерантность к глюкозе. Полученный гидролизат β-лактоглобулина обладал способностью ингибировать DPP-IV на уровне IC₅₀ = 210 μM. Авторы связывают такой уровень ингибирующей способности DPP-IV с присутствием в составе гидролизата пептида VAGTWY f(15–20), обладающего ингибирующей способностью на уровне IC₅₀ = 174 μM [20].

В работе Е. Mares-Mares с соавторами для поиска новых ингибиторов DPP-IV была получена первичная и вторичная сыворотка свежих (незрелых) сыров и сыров Оахака, которые традиционно потребляются в Мексике. Процесс получения вторичной сыворотки каждого продукта был основан на том, что каждую сыворотку подкисляли 0,5 % молочной кислотой и подвергали термической обработке при 95 °C в течение 30 мин. Для получения гидролизатов были использованы ферменты: пепсин (ЕС 3.4.23.1) из желудка свиньи, трипсин (ЕС 3.4.21) и химотрипсин (ЕС 3.4.21.1) из поджелудочной железы крупного рогатого скота.

При проведении гидролиза пепсином из выделенных сывороточных белков готовили водные растворы с концентрацией 100 мг белка/мл, pH раствора доводили до 2,0 с помощью 1 М HCl.

В случае протеолиза трипсином и химотрипсином концентрация белкового раствора составляла 50 мг белка/мл, величина активной кислотности дотитровывалась до 7,8 и 8,0 с помощью 1 М NaOH. Ферментативные реакции проводили при 37 °С в течение 24 ч. Полученные гидролизаты фракционировали через гидрофильную мембрану с размером пор 10 кДа. Исследование противодиабетической активности продуктов гидролиза показало, что наибольшее количество пептидов, ингибирующих DPP-IV, обнаружено в гидролизатах первичных сывороток из-под сыров Оахака, полученных при помощи пепсина и трипсина. Максимальная ингибирующая способность составила 92,86 мкг/мл [21].

В исследованиях, проводимых в испанском научно-исследовательском институте пищевой промышленности, показано, что гидролизат концентрата сывороточного белка, полученного с применением фермента трипсина, ингибирует активность DPP-IV со значением $IC_{50} = 1,51$ мг/мл.

Авторами из полученного гидролизата было идентифицировано шестнадцать пептидов из β -лактоглобулина. Из них пептиды IPAVF и IPAVFK показали наиболее высокое ингибирование DPP-IV [22]. Кроме того, было доказано, что пептид VLVLDTDYK из β -лактоглобулина ($IC_{50} = 424,4$ μ M) также обладает противомикробным действием [22].

В научных работах I. M. E. Lacroix и E. C. Y. Li-Chan была описана оценка ингибирующей активности DPP-IV молочных белков, полученных при гидролизе казеината натрия, изолята сывороточных белков (ИСБ), концентрата молочного белка и сухого обезжиренного молока с использованием 12 коммерческих протеаз [23]. Полученные гидролизаты были подвергнуты перевариванию в имитационном желудочно-кишечном тракте с использованием системы пепсин-панкреатин. Гидролизат ИСБ, полученный после 60 мин обработки пепсином, показал более высокое ингибирование DPP-IV ($IC_{50} = 0,075$ мг/мл). Дальнейший гидролиз панкреатином уменьшал ингибирующий потенциал DPP-IV. Помимо пепсина, проводились исследования и других коммерческих протеаз на предмет получения противодиабетических пептидов из изолята сывороточных белков. Процесс проводили также в течение 60 мин. Гидролизаты, полученные при помощи ферментных препаратов термолизина и Umamizyme K, проявили достаточно высокую способность ингибировать DPP-IV (63 и 61 % при 0,475 мг/мл). Однако гидролизаты, полученные при помощи пепсина, имели более сильную ингибирующую активность – 78 % ингибирования DPP-IV при 0,375 мг/мл [23].

Те же специалисты в другой работе гидролизали пепсином в течение 60 мин изолят сывороточного белка с получением гидролизатов α -лактальбумина,

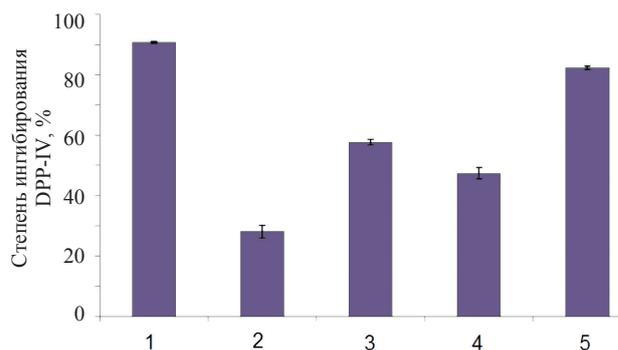


Рисунок 1. Степень ингибирования DPP-IV различных видов гидролизатов: 1 – гидролизат α -лактальбумина; 2 – гидролизат β -лактоглобулина; 3 – гидролизат лактоферрина; 4 – гидролизат бычьего сывороточного альбумина

Figure 1. Inhibition of DPP-IV in various types of hydrolysates: 1 – α -lactalbumin hydrolyzate; 2 – β -lactoglobulin hydrolyzate; 3 – lactoferrin hydrolyzate; 4 – bovine whey albumin hydrolyzate

β -лактоглобулина, сывороточного альбумина и лактоферрина [24]. Полученные гидролизаты были изучены на предмет их способности служить естественными источниками ингибиторов DPP-IV и α -глюкозидазы. Хотя ингибирование активности DPP-IV наблюдалось во всех гидролизованных пепсином сывороточных белках, гидролизат α -лактальбумина показал наибольшую эффективность со значением $IC_{50} = 0,036$ мг/мл. И наоборот, только изолят сывороточного белка, гидролизаты β -лактоглобулина и α -лактальбумина проявляли некоторую ингибирующую активность в отношении α -глюкозидазы (рис. 1).

На рисунке 1 представлена степень ингибирования DPP-IV различных гидролизатов молочных белков. Каждый столбец представляет среднее значение и стандартное отклонение трех определений. Данные, представленные на рисунке 1, коррелируют с данными, представленными выше, и наглядно демонстрируют высокую ингибирующую способность сывороточных белков, особенно α -лактальбумина. Гидролиз проводили при помощи пепсина, фермент-субстратное соотношение составило 4,0 %, температура инкубирования – 37 °С, продолжительность процесса при постоянном перемешивании – 60 мин.

Это исследование показывает, что пептиды, вырабатываемые из сывороточных белков, могут использоваться в качестве функциональных пищевых ингредиентов в специализированных продуктах противодиабетической терапии [17]. В следующей работе I. M. E. Lacroix и E. C. Y. Li-Chan последовательно фракционировали гидролизованный пепсином изолят сывороточного белка и α -лактальбумин, проявляющие ингибирующую активность DPP-IV. Затем анализировали пептидный

состав полученных активных фракций. В результате установлено, что две фракции из полученных имели наиболее высокую ингибирующую активность DPP-IV со значениями IC_{50} 0,216 и 0,081 мг/мл соответственно по сравнению с полным (нефракционированным) гидролизатом изолята сывороточного белка ($IC_{50} = 0,075$ мг/мл) [24]. Эти эксперименты также продемонстрировали высокое ингибирование DPP-IV фракциями гидролизата, содержащего большое количество неполярных пептидов. Среди идентифицированных последовательностей было определено 24 пептида, полученных из α -лактальбумина, и 11 из β -лактоглобулина и проанализировано их влияние на активность DPP-IV. Среди синтезированных пептидов LKPTPEGDL и LKPTPEGDLEIL из β -лактоглобулина ($IC_{50} = 45$ и 57 μ M соответственно) и WLAHKALCSEKLDQ из α -лактальбумина ($IC_{50} = 141$ μ M) показали более высокий ингибирующий потенциал к DPP-IV (табл. 1) [20]. Однако эти пептиды были примерно в 10 раз менее эффективны, чем эталонный ингибитор дипротин А ($IC_{50} = 4,7$ μ M) [24].

В работе S. Маух с соавторами гидролизаты β -лактоглобулина были получены с использованием фермента эластаза при фермент-субстратном отношении (E:S) 0,5, 1,0 и 1,5 % до достижения требуемых значений степени гидролиза 9 и 13 % [25]. Авторы сравнивали значения ингибирования DPP-IV в гидролизатах β -лактоглобулина в условиях снижения фермент-субстратного отношения при достижении одинакового уровня степени гидролиза путем увеличения времени гидролиза. Образцы с одинаковой степенью гидролиза, полученные с различными фермент-субстратными отношениями, показали сравнимые профили молекулярно-массового распределения и ингибирующую

DPP-IV активность ($P > 0,05$). Анализ методом tandemной масс-спектрометрии с жидкостной хроматографией (ВЭЖХ МС/МС) показал, что 62 и 84 % идентифицированных пептидов были общими в гидролизатах, имеющих степень гидролиза 9 или 13 % соответственно (рис. 2). Были отмечены различия в пептидах, идентифицированных в гидролизатах, имеющих сходные степени гидролиза. Эти различия могут быть связаны с изменениями кинетики, селективности и активности фермента, которые могут зависеть от используемой концентрации фермента [25].

Количество идентифицированных пептидов, являющихся общими или специфичными для каждого образца, было представлено с использованием диаграмм Венна для каждого значения степени гидролиза (DH) (рис. 2). Образцы со степенью гидролиза 9 % (DH9) имели 109 идентичных пептидов, тогда как образцы со степенью гидролиза 13 % (DH13) имели 105 одинаковых пептидов. Образцы, полученные с использованием одного и того же фермент-субстратного отношения, но разных значений степени гидролиза, имели несколько общих пептидных последовательностей. Например, 104, 120 и 106 общих пептидов присутствовали в образцах со значениями E:S 0,5, 1,0 и 1,5 % соответственно. Это исследование показало, что снижение фермент-субстратного отношения может быть использовано для снижения стоимости производства гидролизата без отрицательного влияния на изучаемую биологическую активность и физико-химические свойства [25].

В одной из работ С. Ја с соавторами описано, что концентрат сывороточного белка, дополнительно обогащенный α -лактальбумином, был подвергнут гидролизу белка трипсином. Затем образцы полученных гидролизатов фракционировались в

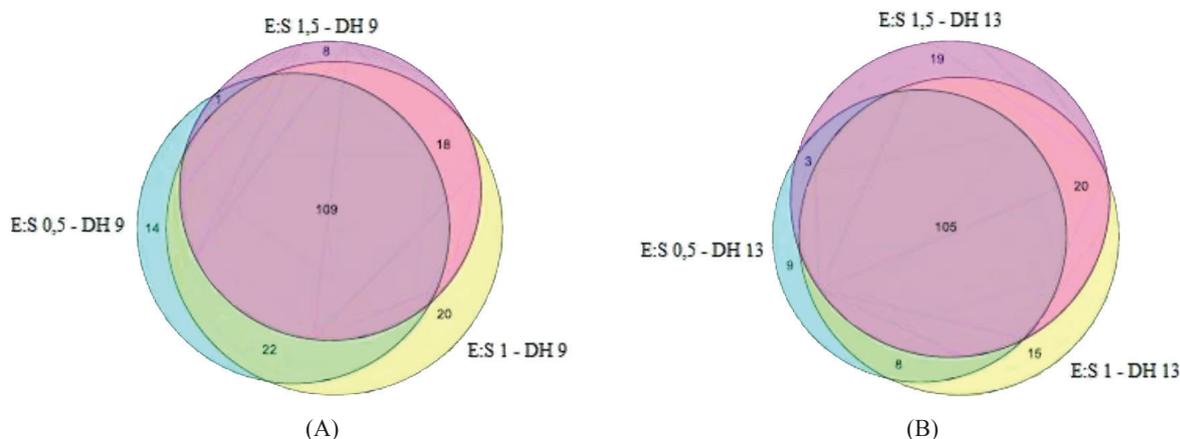


Рисунок 2. Диаграмма идентифицированных пептидов, которые были общими или специфичными для гидролизованного β -лактоглобулина до степени гидролиза (DH) 9 % (A), 13 % (B) при фермент-субстратном отношении (E:S) 0,5 % (синий), 1,0 % (желтый), 1,5% (вес/вес) сиреневый

Figure 2. Identified peptides, common or specific for hydrolyzed β -lactoglobulin to a degree of hydrolysis (DH) of 9% (A), 13% (B) with an enzyme-substrate ratio (E:S) of 0.5% (blue), 1.0% (yellow), 1.5% (weight/weight, violet)

полупрепаративном масштабе с использованием гель-фильтрационной хроматографии [8]. Ингибирующие DPP-IV пептиды из гидролизатов отделяли ультрафильтрацией с мембранными пакетами с отсеками молекулярной массы 10 кДа, 5 кДа и 3 кДа. Пептиды анализировали с использованием ВЭЖХ в сочетании с тандемной масс-спектрометрией (RP-HPLC-MS/MS). Их ингибирующую активность в отношении DPP-IV определяли ферментативным анализом. Из всех идентифицированных пептидов 6 были получены из α -лактальбумина. За исключением пептидного фрагмента LDQWLCEK f (115–122), который не обладал ингибирующей активностью, все идентифицированные пептиды EQLTKCEVFR f (1–10), KILDKVGINYWLANK f (94–108), ILDKVGINYWLANK f (95–108), VGINYWLANK f (99–108) и LDQWLCEKL f (115–123) имели ингибирующую DPP-IV активность со значением IC_{50} $883 \pm 36,8 \mu\text{M}$, $930 \pm 35,7 \mu\text{M}$, $456 \pm 43,5 \mu\text{M}$, $765 \pm 23,9 \mu\text{M}$ и $131 \pm 33,9 \mu\text{M}$ соответственно (табл. 1). Наибольшую ингибирующую активность проявлял LDQWLCEKL f (115–123) с IC_{50} $131 \pm 33,9 \mu\text{M}$. Кроме того, LDQWLCEKL проявлял типичный неконкурентный способ ингибирования. Результаты работы авторов показывают, что α -лактальбумин содержит активные пептиды с ингибирующей активностью DPP-IV, которые можно использовать для профилактики и лечения СД-2 [8].

Дипротин А (IPI) и дипротин В (VPL) являются мощными ингибиторами DPP-IV, проявляющими явное конкурентное поведение, действуя в качестве ферментных субстратов. В работе G. Tulipano с соавторами, используя *in vitro* оценки для выявления противодиабетических пептидов, было показано, что пептид IPA, полученный из β -лактоглобулина путем расщепления *in silico* на базе BioPer и впоследствии синтезированный, является конкурентным ингибитором DPP-IV со значением $IC_{50} = 49 \mu\text{M}$ [26]. Конкурентное ингибирование DPP-IV выявлено для пептида IPAVFKIDA (из β -лактоглобулина), что может быть следствием его субстратоподобной структуры [24].

В одной из исследовательских работ А. В. Nongonierma с соавторами для изучения пептидных аналогов Дипротина А (Ile-Pro-Ile) был использован метод *in silico*. Было исследовано 25 пептидных последовательностей, наиболее часто встречающихся в молочных белках. Значения IC_{50} в отношении ингибирования DPP-IV варьировались от $3,9 \pm 1,0 \mu\text{M}$ (Ile-Pro-Ile) до $247,0 \pm 32,7 \mu\text{M}$ (Phe-Pro-Phe). Большинство исследованных пептидов сохраняли пептидную структуру в течение 30 мин протеолиза. Несмотря на то что были выявлены пептиды, ингибирующие DPP-IV, их активность не была столь сильной, как активность Дипротина А. Авторы работы отмечают, что наличие Pro в центре трипептидной цепи является необходимым

условием для достижения максимально высокого ингибирования DPP-IV. Молекулярная стыковка показала похожие взаимодействия между Ile-Pro-Ile и его ассоциированными пептидными аналогами. Этот результат вместе с высокой стабильностью дипротина А и его связанных пептидных аналогов с гидролитическим действием DPP-IV позволяет предположить, что в ингибирование DPP-IV этими пептидами вовлечены сложные механизмы. Пептиды, описанные в этом исследовании, могут найти потенциальное применение для управления гликемией и энергетического гомеостаза у людей [27].

Как правило, гидролизат белков содержит смесь биологически активных и неактивных пептидов в дополнение к негидролизованному белку. Мембранная обработка может быть решением данной проблемы, поскольку короткие пептиды с требуемой биологической активностью могут быть получены в пермеате ультрафильтрационной установки, в то время как пептиды с высокой молекулярной массой останутся в концентрате. Мембранная фильтрация поможет избежать чрезмерного гидролиза, т. к. он приводит к высокому содержанию свободных аминокислот, которые негативно влияют на сенсорные свойства конечного продукта и обеспечивают высокую осмоляльность. Следовательно, гидролитическая реакция должна строго контролироваться [28].

Мембранные биореакторы – одна из наиболее перспективных и динамически развивающихся областей промышленной технологии. Данная технология представляет собой комбинирование различных биохимических (под действием катализатора биологического происхождения, т. е. фермента) и мембранных процессов разделения. Ферментативные мембранные реакторы работают, удерживая фермент и питающий субстрат на стороне ретентата, в то же время позволяя вновь образованным биопептидам проникать через мембрану, создавая поток продукта с повышенной биологической активностью [29, 30].

Непрерывная обработка в производстве пептидов представляет собой область повышенного интереса. В исследовании J. O'Halloran с соавторами был разработан ферментативный мембранный реактор, в котором изолят сывороточного белка подвергали ферментативному гидролизу для получения ингибирующих DPP-IV пептидов [31]. Авторами были испытаны два отдельных фермента Королаза 2TS и Протамекс в обычных периодических процессах ультрафильтрации и ферментативном мембранном реакторе непрерывного действия (рис. 3). Каждый фермент вводили в реакционный сосуд и удерживали на стороне ретентата, оставляя его свободным и не связанным с мембраной. Авторами было отмечено, что

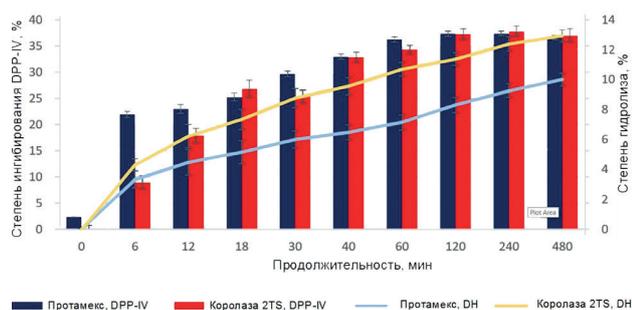


Рисунок 3. Зависимость степени ингибирования DPP-IV от режимов проведения гидролиза ферментами Протамексом и Королазой 2TS

Figure 3. Effect of the modes of hydrolysis by the enzymes Protamex and Corolase 2TS on the DPP-IV inhibition

производительность ферментативного мембранного реактора непрерывного действия, по сравнению со стандартным способом периодической обработки, возросла на 7,2 % и 8,7 % при использовании Протамекса и Королазы соответственно [31].

При этом пермеат, полученный с использованием Протамекса, показал на 33,7 % выше значение ингибирующей DPP-IV активности по сравнению с пермеатом, полученным с использованием Королазы 2TS. Из данных рисунка видно, что существует четко прослеживаемая взаимосвязь между степенью гидролиза и степенью ингибирования DPP-IV. Положительную корреляцию между степенью гидролиза и степенью ингибирования DPP-IV можно проследить до достижения 120 мин эксперимента, после чего биологическая активность выравнивается, оставаясь на данном этапе на уровне 37 % как в случае использования Протамекса, так и Королазы 2TS. Наиболее сильные различия в степени ингибирования отмечены на ранних стадиях гидролиза – по истечении 6 и 12 мин. При этом гидролизаты, полученные с помощью Протамекса, через 6 мин проявили способность ингибировать DPP-IV более чем в два раза, чем гидролизаты, полученные с помощью Королазы 2TS. Это подчеркивает тот факт, что степень гидролиза не обязательно является основным маркером биологической активности. В первую очередь тип и специфичность фермента могут оказывать большее влияние на активность гидролизата. В данной работе авторы доказали возможность использования разработанного ими мембранного реактора для получения противодиабетических пептидов при вышеописанных условиях [31].

В работе А. В. Nongonierma с соавторами для оптимизации условий ферментативного гидролиза изолята молочного белка ферментом трипсин для высвобождения пептидов, ингибирующих DPP-IV, был проведен полнофакторный эксперимент с тремя переменными параметрами, включая температуру

(40, 50 и 60 °C), отношение фермента к субстрату (E:S 0,50, 1,25 и 2,00 % (вес/вес)) и время гидролиза (60, 150 и 240 мин). Полученные результаты многофакторных экспериментов были подвергнуты статистической обработке с использованием блока DOE. Всего в исследовании было использовано 15 гидролизатов (H1–H15). Степень гидролиза (СГ) варьировалась от $6,98 \pm 0,31$ % (H8) до $12,75 \pm 0,62$ % (H10). Полумаксимальная ингибирующая концентрация DPP-IV (IC_{50}) варьировалась от $0,68 \pm 0,06$ мг/мл (H11) / $0,68 \pm 0,10$ мг/мл (H4) до $1,59 \pm 0,11$ мг/мл (H8). Температура не влияла ($P > 0,05$) на значение IC_{50} DPP-IV. Однако увеличение E:S или времени значительно снижало IC_{50} DPP-IV ($P < 0,05$). Значение IC_{50} для DPP-IV, равное 0,69 мг/мл и рассчитанное с помощью методологии поверхности отклика для гидролизата, полученного при 50,5 °C, 2 % ES и 231 мин (H16), было аналогично экспериментально полученному значению (DPP-IV $IC_{50} = 0,66 \pm 0,10$ мг/мл, $P > 0,05$, $n = 3$). После исследования на имитационной модели желудочно-кишечного тракта образца H16 значение IC_{50} DPP-IV увеличилось ($P < 0,05$) до $0,90 \pm 0,07$ мг/мл. Потенциально известные пептидные последовательности, ингибирующие DPP-IV, были идентифицированы в H16 с помощью жидкостной хроматографии и tandemной масс-спектрометрии (LC-MS/MS), источниками которых был как казеин, так и их сывороточные белки. Некоторые пептиды также присутствовали в образце H16, подвергнутого искусственному перевариванию. Это говорит о том, что они были устойчивы к желудочно-кишечным ферментам. Гидролизаты изолятов молочного белка могут представлять интерес для регуляции уровня глюкозы в сыворотке крови у людей [32].

Выводы

Учитывая разнообразие пептидов и способы их действия, гидролизаты сывороточного белка или смеси в них пептидов могут действовать синергетически, приводя к большему ингибированию DPP-IV по сравнению с отдельными пептидами [24]. В исследованных работах показано, что стратегии фракционирования являются актуальными и осуществимыми методами, направленными на избирательное обогащение ингибирующей активности DPP-IV гидролизатов. Однако обычные лекарственные средства, используемые в качестве ингибиторов DPP-IV, такие как ситаглиптин, являются более сильнодействующими (IC_{50} в наномолярном диапазоне), чем гидролизаты и пептиды сывороточного белка.

Из исследований, приведенных выше, можно сделать вывод, что пептиды, ингибирующие DPP-IV и идентифицированные из гидролизатов, обычно имеют молекулярные массы ниже 2 кДа и большинство из них содержат пролиновые

и/или гидрофобные аминокислотные остатки в своей последовательности [15]. Длина, суммарный заряд и полярность полученных из сыворотки пептидов сами по себе не оказывают предсказуемого влияния на ингибирующее действие или активность. Для ингибирования DPP-IV наиболее важную роль играет аминокислотная последовательность пептидов [24]. Исходя из результатов описанных выше исследований, можно заключить, что ферментные препараты нейтраза и трипсин продемонстрировали наилучшую специфичность по отношению к расщепляемой пептидной связи сывороточных белков и получение гидролизатов с высокой ингибирующей активностью в отношении DPP-IV.

Несмотря на большое количество опубликованных результатов исследований по выделению, характеристике и биологической активности пептидов, полученных из пищевых белков, на рынке наблюдается ограниченное количество коммерческих продуктов, содержащих биопептиды. Поэтому необходимы дальнейшие исследования в этой области, чтобы установить, что белковые гидролизаты, которые считаются безопасными, не проявляют побочных эффектов (особенно в высоких дозах), включая токсичность и аллергенность. Гидролизаты сывороточных белков в 104 раза менее эффективны, чем глиптины. Тем не менее, при лечении диабета 2 типа комбинации глиптинов и гидролизатов могут оказывать аддитивное действие

с точки зрения их способности ингибировать DPP-IV [30].

Представленные в обзоре данные показывают высокий потенциал сывороточных и молочных белков в качестве источников противодиабетических пептидов. Дополнительное вовлечение сыворотки в производственный цикл позволит не только сэкономить дорогостоящее сырье и расширить ассортиментный ряд функциональных молочных продуктов, но и значительно снизить затраты при ее утилизации [33, 34].

Критерии авторства

Е. Ю. Агаркова руководила проектом. К. А. Рязанцева и А. Г. Кручинин проводили теоретические исследования, участвовали в написании и корректировке статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

E.Yu. Agarkova supervised the project. K.A. Ryazantseva and A.G. Kruchinin conducted the theoretical 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.

Список литературы

1. Харитонов, В. Д. Глубокая переработка молочного сырья и вторичных ресурсов / В. Д. Харитонов // Молочная промышленность. – 2018. – № 6. – С. 30–31.
2. Низкоаллергенные молочные продукты / В. Д. Харитонов, Н. В. Пономарева, Е. И. Мельникова [и др.]. – СПб. : Профессия, 2019. – 108 с.
3. Рациональный дизайн ферментной композиции для получения функциональных гидролизатов сывороточных белков / А. А. Торкова, К. А. Рязанцева, Е. Ю. Агаркова [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 2017. – Т. 53, № 6. – С. 580–591. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0555109917060137>.
4. Биосинтез антимикробных бактериоциноподобных соединений штаммом *Lactobacillus reuteri* LR1: оптимизация условий культивирования / А. В. Бегунова, И. В. Рожкова, Т. И. Ширшова [и др.] // Биотехнология. – 2019. – Т. 35, № 5. – С. 58–69. DOI: <https://doi.org/10.21519/0234-2758-2019-35-5-58-69>.
5. Korhonen, H. Bioactive peptides: Production and functionality / H. Korhonen, A. Pihlanto // International Dairy Journal. – 2006. – Vol. 16, № 9. – P. 945–960. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.012>.
6. Nasri, M. Protein hydrolysates and biopeptides: production, biological activities, and applications in foods and health benefits. A review / M. Nasri // Advances in Food and Nutrition Research. – 2017. – Vol. 81. – P. 109–159. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.10.003>.
7. Асафов, В. А. Функциональный высокобелковый напиток с гидролизатом казеина и белковыми фракциями молозива / В. А. Асафов, Н. Л. Танькова, Е. Л. Искакова // Инновации и продовольственная безопасность. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 51–54.
8. Generation and characterization of dipeptidyl peptidase-IV inhibitory peptides from trypsin-hydrolyzed α -lactalbumin-rich whey proteins / C.-L. Jia, N. Hussain, O. J. Ujirohene [et al.] // Food Chemistry. – 2020. – Vol. 318. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126333>.
9. Танирбергенова, А. А. Распространение сахарного диабета в современном мире / А. А. Танирбергенова, К. А. Тулебаев, Ж. А. Аканов // Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2017. – № 2. – С. 386–388.

10. Kahn, S. E. Pathophysiology and treatment of type 2 diabetes: Perspectives on the past, present, and future / S. E. Kahn, M. E. Cooper, S. Del Prato // *Lancet*. – 2014. – Vol. 383, № 9922. – P. 1068–1083. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)62154-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)62154-6).
11. Juillerat-Jeanneret, L. Dipeptidyl peptidase IV and its inhibitors: Therapeutics for type 2 diabetes and what else? / L. Juillerat-Jeanneret // *Journal of Medicinal Chemistry*. – 2013. – Vol. 57, № 6. – P. 2197–2212. DOI: <https://doi.org/10.1021/jm400658e>.
12. Milk protein isolate (MPI) as a source of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides / A. B. Nongonierma, M. Lalmahomed, S. Paoletta [et al.] // *Food Chemistry*. – 2017. – Vol. 231. – P. 202–211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.123>.
13. Nongonierma, A. B. Inhibition of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) by proline containing casein-derived peptides / A. B. Nongonierma, R. J. FitzGerald // *Journal of Functional Foods*. – 2013. – Vol. 5, № 4. – P. 1909–1917. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.012>.
14. Food protein hydrolysates as a source of dipeptidyl peptidase IV inhibitory peptides for the management of type 2 diabetes / O. Power, A. B. Nongonierma, P. Jakeman [et al.] // *Proceedings of the Nutrition Society*. – 2014. – Vol. 73, № 1. – P. 34–46. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0029665113003601>.
15. Lacroix, I. M. E. Dipeptidyl peptidase-IV inhibitory activity of dairy protein hydrolysates / I. M. E. Lacroix, E. C. Y. Li-Chan // *International Dairy Journal*. – 2012. – Vol. 25, № 2. – P. 97–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.01.003>.
16. Nongonierma, A. B. Dipeptidyl peptidase IV inhibitory properties of a whey protein hydrolysate: Influence of fractionation, stability to simulated gastrointestinal digestion and food–drug interaction / A. B. Nongonierma, R. J. FitzGerald // *International Dairy Journal*. – 2013. – Vol. 32, № 1. – P. 33–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.03.005>.
17. Lacroix, I. M. E. Inhibition of dipeptidyl peptidase (DPP)-IV and α -glucosidase activities by pepsin-treated whey proteins / I. M. E. Lacroix, E. C. Y. Li-Chan // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2013. – Vol. 61, № 31. – P. 7500–7506. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf401000s>.
18. Selective enrichment of bioactive properties during ultrafiltration of a tryptic digest of β -lactoglobulin / O. Power, A. Fernández, R. Norris [et al.] // *Journal of Functional Foods*. – 2014. – Vol. 9. – P. 38–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.04.002>.
19. Isolation and characterization of four bactericidal domains in the bovine β -lactoglobulin / A. Pellegrini, C. Dettling, U. Thomas [et al.] // *Biochemical et Biophysical Acta (BBA) – General Subjects*. – 2001. – Vol. 1526, № 2. – P. 131–140. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(01\)00116-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(01)00116-7).
20. Uchida, M. Novel dipeptidyl peptidase-4-inhibiting peptide derived from β -lactoglobulin / M. Uchida, Y. Ohshiba, O. Mogami // *Journal of Pharmacological Sciences*. – 2011. – Vol. 117, № 1. – P. 63–66. DOI: <https://doi.org/10.1254/jphs.11089SC>.
21. Inhibition of dipeptidyl peptidase IV by enzymatic hydrolysates derived from primary and secondary whey of fresh and Oaxaca cheeses / E. Mares-Mares, J. E. Barboza-Corona, M. E. Sosa-Morales [et al.] // *International Journal of Dairy Technology*. – 2019. – Vol. 72, № 4. – P. 626–632. DOI: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12623>.
22. Dipeptidyl peptidase-IV inhibitory peptides generated by tryptic hydrolysis of a whey protein concentrate rich in β -lactoglobulin / S. T. Silveira, D. Martinez-Maqueda, I. Recio [et al.] // *Food Chemistry*. – 2013. – Vol. 141, № 2. – P. 1072–1077. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.056>.
23. Lacroix, I. M. E. Dipeptidyl peptidase-IV inhibitory activity of dairy protein hydrolysates / I. M. E. Lacroix, E. C. Y. Li-Chan // *International Dairy Journal*. – 2012. – Vol. 25, № 2. – P. 97–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.01.003>.
24. Lacroix, I. M. E. Isolation and characterization of peptides with dipeptidyl peptidase-IV inhibitory activity from pepsin-treated bovine whey proteins / I. M. E. Lacroix, E. C. Y. Li-Chan // *Peptides*. – 2014. – Vol. 54. – P. 39–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2014.01.002>.
25. Le Maux, S. Peptide composition and dipeptidyl peptidase IV inhibitory properties of β -lactoglobulin hydrolysates having similar extents of hydrolysis while generated using different enzyme-to-substrate ratios / S. Le Maux, A. B. Nongonierma, R. J. FitzGerald // *Food Research International*. – 2017. – Vol. 99. – P. 84–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.012>.
26. Whey proteins as source of dipeptidyl dipeptidase IV (dipeptidyl peptidase-4) inhibitors / G. Tulipano, V. Sibilia, A. M. Caroli [et al.] // *Peptides*. – 2011. – Vol. 32, № 4. – P. 835–838. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2011.01.002>.
27. *In silico* approaches applied to the study of peptide analogs of ile-pro-ile in relation to their dipeptidyl peptidase IV inhibitory properties / A. B. Nongonierma, L. Dellafiara, S. Paoletta [et al.] // *Frontiers in Endocrinology*. – 2018. – Vol. 9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00329>.
28. Abd El-Salam, M. H. Separation of bioactive whey proteins and peptides / M. H. Abd El-Salam, S. El-Shibiny // *Ingredients Extraction by Physicochemical Methods in Food* / A. M. Grumezescu, A. M. Holban. – Academic Press, 2017. – P. 463–494. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811521-3.00012-0>.
29. Membrane reactors for low temperature applications: An overview / A. Brunetti, P. F. Zito, L. Giorno [et al.] // *Chemical Engineering and Processing – Process Intensification*. – 2018. – Vol. 124. – P. 282–307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2017.05.002>.

30. Guadix, A. Production of whey protein hydrolysates with reduced allergenicity in a stable membrane reactor / A. Guadix, F. Camacho, E. M. Guadix // *Journal of Food Engineering*. – 2006. – Vol. 72, № 4. – P. 398–405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.022>.
31. O'Halloran, J. Production of whey-derived DPP-IV inhibitory peptides using an enzymatic membrane reactor / J. O'Halloran, M. O'Sullivan, E. Casey // *Food and Bioprocess Technology*. – 2019. – Vol. 12, № 5. – P. 799–808. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02253-7>.
32. Release of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides from milk protein isolate (MPI) during enzymatic hydrolysis / A. B. Nongonierma, C. Mazzocchi, S. Paoletta [et al.] // *Food Research International*. – 2017. – Vol. 94. – P. 79–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.004>.
33. Донская, Г. А. Напитки кисломолочные с повышенным содержанием сывороточных белков и водорастворимых антиоксидантов / Г. А. Донская, В. М. Дрожжин, В. В. Брызгалова // *Вестник Мурманского государственного технического университета*. – 2018. – Т. 21, № 3. – С. 471–480. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-471-480>.
34. Выбор источников биологически активных веществ для функциональных кисломолочных продуктов / З. С. Зобкова, Т. П. Фурсова, Д. В. Зенина [и др.] // *Молочная промышленность*. – 2018. – № 3. – С. 59–62. DOI: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-3-59-62>.

References

1. Haritonov VD. Deep processing of raw milk materials and secondary resources. *Dairy Industry*. 2018;(6):30–31. (In Russ.).
2. Kharitonov VD, Ponomareva NV, Mel'nikova EI, Bogdanova EV. Nizkoallergennye molochnye produkty [Low-allergenic dairy products]. St. Petersburg: Professiya; 2019. 108 p. (In Russ.).
3. Torkova AA, Ryazantseva KA, Agarkova EYu, Kruchinin AG, Tsentelovich MYu, Fedorova TV. Rational design of enzyme compositions for the production of functional hydrolysates of cow milk whey proteins. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2017;53(6):580–591. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0555109917060137>.
4. Begunova AV, Rozhkova IV, Shirshova TI, Glazunova OA., Fedorova TV. Optimization of conditions for *Lactobacillus reuteri* LR1 strain cultivation to improve the biosynthesis of bacteriocin-like substances. *Biotechnology*. 2019;35(5):58–69. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21519/0234-2758-2019-35-5-58-69>.
5. Korhonen H, Pihlanto A. Bioactive peptides: Production and functionality. *International Dairy Journal*. 2006;16(9):945–960. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.012>.
6. Nasri M. Protein hydrolysates and biopeptides: production, biological activities, and applications in foods and health benefits. A review. *Advances in Food and Nutrition Research*. 2017;81:109–159. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.10.003>.
7. Asafov VA, Tankova HL, Iskakova EL. Functional high protein drink with casein hydrolysate and protein fractions of colostrum. *Innovations and Food Safety*. 2018;20(2):51–54. (In Russ.).
8. Jia C-L, Hussain N, Ujiroghene OJ, Pang XY, Zhang SW, Lu J, et al. Generation and characterization of dipeptidyl peptidase-IV inhibitory peptides from trypsin-hydrolyzed α -lactalbumin-rich whey proteins. *Food Chemistry*. 2020;318. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126333>.
9. Tanirbergenova AA, Tulebayev KA, Akanov ZhA. The spread of diabetes in the modern world. *Vestnik KazNMU*. 2017;(2):386–388. (In Russ.).
10. Kahn SE, Cooper ME, Del Prato S. Pathophysiology and treatment of type 2 diabetes: Perspectives on the past, present, and future. *Lancet*. 2014;383(9922):1068–1083. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)62154-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)62154-6).
11. Juillerat-Jeanneret L. Dipeptidyl peptidase IV and its inhibitors: Therapeutics for type 2 diabetes and what else? *Journal of Medicinal Chemistry*. 2013;57(6):2197–2212. DOI: <https://doi.org/10.1021/jm400658e>.
12. Nongonierma AB, Lalmahomed M, Paoletta S, FitzGerald RJ. Milk protein isolate (MPI) as a source of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides. *Food Chemistry*. 2017;231:202–211. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.123>.
13. Nongonierma AB, FitzGerald RJ. Inhibition of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) by proline containing casein-derived peptides. *Journal of Functional Foods*. 2013;5(4):1909–1917. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.09.012>.
14. Power O, Nongonierma AB, Jakeman P, FitzGerald RJ. Food protein hydrolysates as a source of dipeptidyl peptidase IV inhibitory peptides for the management of type 2 diabetes. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2014;73(1):34–46. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0029665113003601>.
15. Lacroix IME, Li-Chan ECY. Dipeptidyl peptidase-IV inhibitory activity of dairy protein hydrolysates. *International Dairy Journal*. 2012;25(2):97–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.01.003>.
16. Nongonierma AB, FitzGerald RJ. Dipeptidyl peptidase IV inhibitory properties of a whey protein hydrolysate: Influence of fractionation, stability to simulated gastrointestinal digestion and food–drug interaction. *International Dairy Journal*. 2013;32(1):33–39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.03.005>.
17. Lacroix IME, Li-Chan ECY. Inhibition of dipeptidyl peptidase (DPP)-IV and α -glucosidase activities by pepsin-treated whey proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013;61(31):7500–7506. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf401000s>.

18. Power O, Fernández A, Norris R, Riera FA, FitzGerald RJ. Selective enrichment of bioactive properties during ultrafiltration of a tryptic digest of β -lactoglobulin. *Journal of Functional Foods*. 2014;9:38–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.04.002>.
19. Pellegrini A, Dettling C, Thomas U, Hunziker P. Isolation and characterization of four bactericidal domains in the bovine β -lactoglobulin. *Biochemical et Biophysical Acta (BBA) – General Subjects*. 2001;1526(2):131–140. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-4165\(01\)00116-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4165(01)00116-7).
20. Uchida, M, Ohshiba Y, Mogami O. Novel dipeptidyl peptidase-4-inhibiting peptide derived from β -lactoglobulin. *Journal of Pharmacological Sciences*. 2011;117(1):63–66. DOI: <https://doi.org/10.1254/jphs.11089SC>.
21. Mares-Mares E, Barboza-Corona JE, Sosa-Morales ME, Gutierrez-Chavez AJ, Gutierrez-Vargas S, Leon-Galvan MF. Inhibition of dipeptidyl peptidase IV by enzymatic hydrolysates derived from primary and secondary whey of fresh and Oaxaca cheeses. *International Journal of Dairy Technology*. 2019;72(4):626–632. DOI: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12623>.
22. Silveira ST, Martínez-Maqueda D, Recio I, Hernandez-Ledesma B. Dipeptidyl peptidase-IV inhibitory peptides generated by tryptic hydrolysis of a whey protein concentrate rich in β -lactoglobulin. *Food Chemistry*. 2013;141(2):1072–1077. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.056>.
23. Lacroix IME, Li-Chan ECY. Dipeptidyl peptidase-IV inhibitory activity of dairy protein hydrolysates. *International Dairy Journal*. 2012;25(2):97–102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.01.003>.
24. Lacroix IME, Li-Chan ECY. Isolation and characterization of peptides with dipeptidyl peptidase-IV inhibitory activity from pepsin-treated bovine whey proteins. *Peptides*. 2014;54:39–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2014.01.002>.
25. Le Maux S, Nongonierma AB, FitzGerald RJ. Peptide composition and dipeptidyl peptidase IV inhibitory properties of β -lactoglobulin hydrolysates having similar extents of hydrolysis while generated using different enzyme-to-substrate ratios. *Food Research International*. 2017;99:84–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.012>.
26. Tulipano G, Sibilia V, Caroli AM, Cocchi D. Whey proteins as source of dipeptidyl dipeptidase IV (dipeptidyl peptidase-4) inhibitors. *Peptides*. 2011;32(4):835–838. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2011.01.002>.
27. Nongonierma AB, Dellafiara L, Paoletta S, Galaverna G, Cozzini P, FitzGerald RJ. *In silico* approaches applied to the study of peptide analogs of ile-pro-ile in relation to their dipeptidyl peptidase IV inhibitory properties. *Frontiers in Endocrinology*. 2018;9. DOI: <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00329>.
28. Abd El-Salam MH, El-Shibiny S. Separation of bioactive whey proteins and peptides. In: Grumezescu AM, Holban AM, editors. *Ingredients Extraction by Physicochemical Methods in Food*. Academic Press; 2017. pp. 463–494. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811521-3.00012-0>.
29. Brunetti A, Zito PF, Giorno L, Drioli E, Barbieri G. Membrane reactors for low temperature applications: An overview. *Chemical Engineering and Processing – Process Intensification*. 2018;124:282–307. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ccep.2017.05.002>.
30. Guadix A, Camacho F, Guadix EM. Production of whey protein hydrolysates with reduced allergenicity in a stable membrane reactor. *Journal of Food Engineering*. 2006;72(4):398–405. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.12.022>.
31. O'Halloran J, O'Sullivan M, Casey E. Production of whey-derived DPP-IV inhibitory peptides using an enzymatic membrane reactor. *Food and Bioprocess Technology*. 2019;12(5):799–808. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02253-7>.
32. Nongonierma AB, Mazzocchi C, Paoletta S, FitzGerald RJ. Release of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides from milk protein isolate (MPI) during enzymatic hydrolysis. *Food Research International*. 2017;94:79–89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.02.004>.
33. Donskaya GA, Drozhzhin VM, Bryzgalina VV. Fermented drinks supplemented with whey proteins and water-soluble antioxidants. *Vestnik of MSTU*. 2018;21(3):471–480. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2018-21-3-471-480>.
34. Zobkova ZS, Fursova TP, Zenina DV, Gavrilina AD, Shelaginova IR, Drozhzhin VM. Selection of the sources of biologically active substances for functional fermented milk products. *Dairy Industry*. 2018;(3):59–62. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31515/1019-8946-2018-3-59-62>.

Сведения об авторах

Агаркова Евгения Юрьевна

канд. техн. наук, заведующая лабораторией технологии молочно-белковых концентратов, пищевых добавок и продуктов на их основе, ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, 35, тел.: +7 (499) 237-04-02, e-mail: e_agarkova@vnimi.org
 <https://orcid.org/0000-0001-8967-7074>

Information about the authors

Eugeniya Yu. Agarkova

Cand.Sci.(Eng.), Head of the Laboratory of Technology for Milk Protein Concentrates, Food Additives and Products Based on them, All-Russian Dairy Research Institute, 35, Lusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093, phone: +7 (499) 237-04-02, e-mail: e_agarkova@vnimi.org
 <https://orcid.org/0000-0001-8967-7074>

Рязанцева Ксения Александровна

канд. техн. наук, научный сотрудник лаборатории технологии молочно-белковых концентратов, пищевых добавок и продуктов на их основе, ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, 35, тел.: +7 (499) 237-04-02, e-mail: k_riazantseva@vnimi.org
 <https://orcid.org/0000-0003-3207-2837>

Кручинин Александр Геннадьевич

канд. техн. наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией молочных консервов, ФГАНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт молочной промышленности», 115093, Россия, г. Москва, ул. Люсиновская, 35, тел.: +7 (499) 236-02-36, e-mail: a_kruchinin@vnimi.org
 <https://orcid.org/0000-0002-3227-8133>

Ksenia A. Ryazantseva

Cand.Sci.(Eng.), Research of the Laboratory of Technology for Milk Protein Concentrates, Food Additives and Products Based on them, All-Russian Dairy Research Institute, 35, Lusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093, phone: +7 (499) 237-04-02, e-mail: k_riazantseva@vnimi.org
 <https://orcid.org/0000-0003-3207-2837>

Alexander G. Kruchinin

Cand.Sci.(Eng.), Senior Research, Head of the Laboratory of Canned Milk, All-Russian Dairy Research Institute, 35, Lusinovskaya Str., Moscow, Russia, 115093, phone: +7 (499) 236-02-36, e-mail: a_kruchinin@vnimi.org
 <https://orcid.org/0000-0002-3227-8133>

Влияние условий замачивания ячменя на содержание белковых веществ в солоде

М. Ф. Ростовская^{1,*}, М. Д. Боярова¹, А. Г. Клыков²



¹ ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»,
690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

² ФГБНУ Федеральный научный центр агробиотехнологий
Дальнего Востока им. А. К. Чайки,
692539, Россия, п. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30

Дата поступления в редакцию: 31.01.2020

Дата принятия в печать: 29.05.2020

*e-mail: rost-mf@mail.ru



© М. Ф. Ростовская, М. Д. Боярова, А. Г. Клыков, 2020

Аннотация.

Введение. Ячмень, предназначенный для солодоращения, должен иметь низкое содержание белка, но из-за экологических факторов уровень белка в зерне часто оказывается больше, чем прописано в стандарте отрасли. Цель работы – изучение влияния условий солодоращения на уровень белковых веществ в солоде и оценка возможности снижения азотистых веществ при изменении режима замачивания.

Объекты и методы исследования. Использовался яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сортов «Приморский 89» и «Приморский 98» дальневосточной селекции урожая 2013, 2015, 2016 годов. В зависимости от года урожая разница в содержании белка одного сорта составляла от 1,75 до 2,5 %. Замачивание проводили воздушно-водяным методом. Общее время солодоращения для всех образцов было одинаково, режимы отличались временем замачивания.

Результаты и их обсуждение. Сорты ячменя по-разному реагировали на увеличение времени замачивания. Для сорта «Приморский 89» увеличение времени замачивания не оказало существенного влияния на характеристики солода. Уменьшение уровня белка в солоде, по сравнению с зерном, при каждом режиме было примерно одинаково и составило 0,3 %. Число Кольбаха находилось в интервале 30,3–35,1 %. Достичь нужной степени белкового растворения не удалось, при этом разница этого показателя при различных режимах составила менее 1 %. Для сорта «Приморский 98» режим с длительным замачиванием оказался благоприятным. Увеличение времени замачивания позволило снизить содержание азотистых веществ в готовом солоде на 1 % по сравнению с зерном. При этом потеря азотистых веществ в ходе солодоращения возрастала с увеличением первоначального содержания белка в зерне. Режим с длительным замачиванием также привел к увеличению числа Кольбаха на 3 %. Значение этого показателя составило 34,7–39,5 % для режима с длительным замачиванием и 31,1–36,8 % для режима с коротким замачиванием.

Выводы. На динамику азотистых веществ во время солодоращения, кроме способа солодоращения, влияют сортовые особенности ячменя. Для некоторых сортов увеличение времени замачивания позволяет снизить содержание азотистых веществ в солоде и повысить число Кольбаха

Ключевые слова. Зерно, *Hordeum vulgare* L., проращивание, солодоращение, пивоварение, белок, аминокислоты, протеолиз, индекс Кольбаха, выщелачивание

Для цитирования: Ростовская, М. Ф. Влияние условий замачивания ячменя на содержание белковых веществ в солоде / М. Ф. Ростовская, М. Д. Боярова, А. Г. Клыков // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 319–328. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-319-328>.

Original article

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

Effect of Various Barley Steeping Conditions on the Content of Albuminous Substances in the Malt

M.F. Rostovskaya^{1,*}, M.D. Boyarova¹, A.G. Klykov²

¹ Far Eastern Federal University,
8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690090, Russia

² A.K. Chaika Federal Scientific Center of
agrobiotechnology in the Far East,

Received: January 31, 2020

Accepted: May 29, 2020

30, Volozhenina Str., Timiryazevsky, 692539, Russia

*e-mail: rost-mf@mail.ru



© M.F. Rostovskaya, M.D. Boyarova, A.G. Klykov, 2020

Abstract.

Introduction. Malt production requires low-protein barley. Unfortunately, bad environmental conditions often lead to higher protein content than specified in the related standards. The research objective was to study the effect of barley steeping conditions on the level of albuminous substances in malt and to assess the possibility of reducing nitrogenous substances by changing the steeping regime.

Study objects and methods. The research featured two varieties of barely, namely “Primorsky 89” and “Primorsky 98”. Both varieties were harvested in 2013, 2015, and 2016 in the Primorye Region of Russia. The protein content in the grain of each variety differed significantly, depending on the year of harvest, and ranged from 1.75% to 2.5%. Two micromalting modes differed only in the steeping time and were performed at 17°C. The malt samples were analyzed for total protein content, total soluble nitrogen, Kolbach Index, and free amino nitrogen.

Results and discussion. The “Primorsky 89” variety proved insensitive to a longer steeping time, thus maintaining the same characteristics of the malt. The decrease in the protein level in the malt compared to the raw material was approximately the same for each mode and amounted to 0.3%. The Kolbach Index ranged between 30.31% and 35.1%. The experiment failed to produce the desired degree of dissolution, while the difference in this indicator under various modes was less than 1%. The long steeping mode proved optimal for the “Primorsky 98” variety. An increase in the steeping time made it possible to reduce the content of nitrogenous substances in the malt by 1%, compared to the raw material. Higher initial protein content in the grain resulted in lower content of nitrogenous substances during malting. The long steeping mode also resulted lowered the Kolbach Index by 3%: it was 34.7% – 39.5% for the long steeping mode and 31.1–36.8% for the short steeping mode.

Conclusion. The barley variety and the malting method affected the dynamics of nitrogenous substances. For some varieties, a longer steeping period proved to reduce the content of nitrogenous substances in the malt and increase the Kolbach Index.

Keywords. Grain, *Hordeum vulgare* L., germination, malting, brewing, protein, amino acids, proteolysis, Kolbach index, leaching

For citation: Rostovskaya MF, Boyarova MD, Klykov AG. Effect of Various Barley Steeping Conditions on the Content of Albuminous Substances in the Malt. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):319–328. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-319-328>.

Введение

Значительная доля зерна ячменя, производимого во всем мире, используется для получения солода, который служит традиционным сырьем для производства пива. Солод получают контролируемым проращиванием зерна в определенных условиях. Во время солодоращения в зерне производятся специфические ферменты, которые необходимы в процессе варки пива. Целью солодоращения является частичный гидролиз высокомолекулярных соединений, таких как белки и гемицеллюлозы, в клеточных стенках эндосперма зерна. Это позволяет достигнуть достаточной технологичности солода во время процесса пивоварения, обеспечить высокий выход экстракта, успешное брожение и достаточно легкий процесс фильтрации суслу [1].

Ячмень, предназначенный для солодоращения, должен отвечать ряду требований. Одно из них – низкая концентрация белковых веществ в зерне. Высокое содержание белка снижает экстрактивность солода из-за того, что высокий уровень белка обычно сопровождается снижением содержания крахмала [1]. Также высокий уровень белка в эндосперме приводит к уплотнению комплекса крахмал-белок. Белковые молекулы формируют матрицу, окружающую крахмальные гранулы, что ограничивает гидратацию эндосперма и создает барьер между крахмалом и амилолитическими

ферментами во время солодоращения [2]. Из-за того, что белок более прочно связан с клеточными стенками, распад межклеточного белкового пространства, окружающего крахмальные зерна, у высокобелковых ячменей при его проращивании менее значителен, чем у низкобелковых. Поэтому зерно, содержащее более 12 % белка, характеризуется как «трудновзрыхляемое» [1]. ГОСТ 5060-1986 ограничивает содержание белка для пивоваренных ячменей до 12 %.

Ряд российских исследователей допускает, что содержание белка в пивоваренном ячмене может превышать 12 %. В. В. Глуховцев и Н. В. Дровальева утверждают, что ограничение содержания белка до 12 % при оценке пивоваренных качеств ячменя совершенно необоснованно [3]. При ограничении содержания белка до 12 % из зон заготовки пивоваренного сырья исключаются обширные регионы нашей страны (Поволжье, Алтай, Сибирь и другие), выращивающие эту культуру на больших площадях. В работе Н. С. Беркутова отмечается высокая рентабельность использования в производстве пива зерна ячменя с содержанием белка до 12,5 % [4]. В Канаде в пивоваренном ячмене допускается содержание белка 12,5 % [5]. Т. В. Горпинченко и З. Ф. Аникаева в своей работе говорят о том, что результаты многолетнего сортоиспытания и практики пивоваренных заводов

допускают содержание белка в ячмене до 13 % для его использования в пивоварении [6].

Уровень белка в ячмене 11,5–12 % достаточно трудно поддерживать постоянно, т. к. это свойство зависит не только от генотипа, но и от окружающей среды и других факторов производства ячменя. Содержание белка в ячмене, производимого для солодоращения, из-за экологических факторов часто оказывается больше, чем прописано стандартах отрасли и может составлять 13–13,5 % [7]. В последние годы многие страны-поставщики пивоваренного зерна столкнулись с проблемой высокобелкового зерна из-за засухи в странах-экспортерах [8]. Поэтому в разных странах проводятся исследования по получению солода удовлетворительного качества из зерна ячменя с повышенным содержанием белка. В работе канадских авторов показано, что канадские сорта ячменя с содержанием белка более 15 % способны давать солод и пиво хорошего качества [9].

Содержание белка в готовом солоде нормируется ГОСТ 29294-2014 и не должно превышать 11,5 %. Проблема солода с высоким содержанием белка заключается в низкой экстрактивности сусла, а также резкой горечи в готовом пиве [1]. Считается, что содержание белка в ячменном солоде обычно на 0,1–0,5 % ниже, чем в исходном ячмене [1]. Однако в ряде работ показано, что, в зависимости от условий солодоращения и хранения зерна, содержание белка может меняться в более широких пределах [10–12].

Во время прорастания ячменя под действием протеолитических ферментов, уровень которых повышается при увеличении влажности зерна, происходит гидролиз белков эндосперма до пептидов, аминокислот и свободного аминного азота. Аминокислоты используются для биосинтеза новых азотистых веществ в алейроновом слое и в растущем зародыше. Таким образом, во время прорастания происходит миграция азотистых веществ, при этом часть азотистых веществ попадает в растущие корешки, которые удаляются из готового солода, тем самым обеспечивая потерю белков [10, 11]. Также азотистые вещества теряются выщелачиванием во время стадии замачивания, но после окончания замачивания и наступления фазы прорастания изменение азотистых веществ этим способом прекращается [11, 13].

Современные пивоваренные сорта ячменя отличаются постоянством техно-химических свойств, но и они подвержены погодным аномалиям, которые встречаются все чаще [14]. Поэтому исследования, посвященные снижению уровня белка в солоде, полученном из высокобелковых ячменей, являются актуальными. Режимы солодоращения могут отличаться длительностью, температурой и конечной степенью замачивания зерна. Влияние этих факторов хорошо исследовано [1]. Но данные о

влиянии времени замачивания на изменение уровня азотистых веществ в солоде весьма ограничены.

Замачивание зерна является первой стадией солодоращения. Зерно начинает прорасти при содержании в нем влаги больше 30 %. Режим замачивания в большинстве случаев состоит из двух, а иногда и трех фаз погружения и воздушных пауз. Стадия замачивания занимает 1–2 дня. Целью замачивания является быстрое и однородное поглощение воды зерном и инициирование прорастания зерна. Недостаточная эффективность замачивания не может быть компенсирована на более поздних стадиях проращивания. Скорость водопоглощения до степени замачивания 38–41 % зависит от температуры воды, режима погружения и скорости поглощения воды. Последнее зависит от сорта, года урожая, размера зерна, содержания белковых веществ и физиологических показателей зерна, таких как состояние покоя и водочувствительность [15]. Ячмень с высоким содержанием белка характеризуется неравномерным поглощением воды во время водяного замачивания и неравномерным прорастанием в ходе проращивания, но о влиянии замачивания на уровень азотистых веществ в солоде не упоминается [14].

Цель работы – исследовать влияние продолжительности стадии замачивания зерна ячменя на содержание белковых веществ в солоде.

Объекты и методы исследования

Для исследования использовали яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сортов «Приморский 89» и «Приморский 98» дальневосточной селекции урожая 2013, 2015, 2016 годов. Образцы зерна были получены в ПримНИИСХ (п. Тимирязевский).

Анализ зерна проводили по стандартным методикам. Определяли массу 1000 зерен (ГОСТ 10842-89), энергию и способность прорастания (ГОСТ 10968-88), содержание влаги (ГОСТ 13586.5-93) и водочувствительность (ЕВС, Analytic, method 3.6.2). Массовую долю белка в зерне и солоде измеряли по методу Кьельдаля (ГОСТ 10846-76), массовую долю растворимого азота определяли в лабораторном сусле, полученном из образцов солода. Число Кольбаха вычисляли по формуле:

$$K = B \cdot 100 / X \quad (1)$$

где B – массовая доля растворимого азота, %;

X – массовая доля азотистых веществ в сухом веществе солода (ГОСТ 29294-2014).

Содержание свободного аминного азота в солоде определяли фотометрически нингидрановым методом (ЕВС, Analytic, method 8.10). Потери на дыхание и ростки проводили по методике, указанной в работе R. C. Agu [10]. После солодоращения определяли массу 100 зерен в готовом сухом солоде, а затем

в солоде с удаленными корешками и в удаленных корешках, используя аналитические весы. Потери на дыхание и ростки определяли по формуле:

$$M_k \% = M_3 \cdot 100 / M_1 \quad (2)$$

где M_1 – масса 100 зерен солода с корешками (СВ – на сухое вещество);

M_2 – масса 100 зерен без корешков (СВ);

M_3 – масса корешков (СВ): $M_3 = M_1 - M_2$.

Зерно ячменя замачивали и проращивали в хладотермостате ХТ-3/70-2 при температуре 17 °С. Использовали метод воздушно-водяного замачивания, при котором зерно попеременно находится то под водой, то без воды. После окончания замачивания на стадии проращивания зерно орошали. Общее время солодоращения для всех образцов составило 103 ч, но длительность замачивания была разная. В первом режиме время замачивания 25 ч, а именно 4 ч – водяная фаза, 17 ч – воздушная фаза, 4 ч – водяная фаза. Во втором время замачивания составило 48 ч: 4 ч – водяная фаза, 16 ч – воздушная фаза, 8 ч – водяная фаза, 8 ч – воздушная фаза, 12 ч – водяная фаза.

В процессе солодоращения ежедневно контролировали содержание влаги в зерне. Полученный солод высушивали по методике, включающей увядание свежепросожденного солода в течение 16 ч при температуре 50 °С, затем постепенный набор температуры до 80 °С [16].

Результаты и их обсуждение

Зерно ячменя было проанализировано на ряд показателей, определяющих его пригодность к солодоращению. Данные представлены в таблице 1.

Все образцы зерна показали высокую энергию и способность прорастания (> 95 %), что делает их пригодными для солодоращения. Низкая водочувствительность зерна (< 25 %) позволяет использовать длительное замачивание зерна.

Из таблицы 1 видно, что показатели зерна одного сорта, но разных лет урожая, отличались по массе 1000 зерен (абсолютная масса) и содержанию белка. На эти показатели, помимо сортовых

особенностей, значительное влияние оказывают факторы окружающей среды во время выращивания ячменя [17]. В содержании белка для исследуемых сортов прослеживалась общая тенденция. Зерно с наибольшим содержанием белка было получено в 2013 г., а с самым низким – в 2016 г. Наибольшее экологическое влияние на содержание белка в зерне ячменя во время вегетации оказывают температура и количество осадков. Высокая температура и малое количество осадков во время вегетационного периода увеличивают содержание белка. Эта тенденция наблюдается для зерна, выращенного в разных странах и в разных климатических зонах [3, 18, 19]. Исследуемые нами сорта показывали такую же корреляцию на протяжении более 10 лет [20]. 2013 год в Приморском крае был засушливым и зерно урожая этого года содержало аномально высокое количество белка за все время наблюдения. Таким образом, в исследовании использовали зерно сортов «Приморский 89» с разницей в содержании белка 1,75 % и «Приморский 98» с разницей в содержании белка 2,5 %, которое зависело от года урожая.

Солодоращение проводили при 17 °С. При замачивании и проращивании обычно используются относительно низкие температуры (12–17 °С), что позволяет получать качественный солод и поддерживать низкий процент потерь при солодоращении благодаря замедлению роста и дыханию зерна. Высокие температуры замачивания способствуют быстрому поглощению воды и началу прорастания. Высокие температуры прорастания ускоряют процессы прорастания и роста. Все указанные факторы приводят к снижению экстрактивности солода. Повышение температуры на 1 °С приводит к увеличению потерь при солодоращении приблизительно на 0,3 % и снижению выхода экстракта на 0,4 % [15].

Содержание влаги в зерне на стадии проращивания регулируется путем распыления воды. Для достижения желаемой степени растворения эндосперма и накопления ферментов требуется влажность 43–48 %, а иногда и выше [1].

В ходе солодоращения ежедневно контролировали влажность зерна. Зерно сорта «Приморский 89»

Таблица 1. Показатели зерна ячменя

Table 1. Barley profile

Показатель/Сорт	«Приморский 89»			«Приморский 98»		
	2013	2015	2016	2013	2015	2016
Год урожая						
Влажность, %	8,80 ± 0,21	7,32 ± 0,12	7,87 ± 0,09	8,63 ± 0,02	7,58 ± 0,11	8,54 ± 0,07
Масса 1000 зерен, г СВ*	37,92 ± 0,12	38,49 ± 0,24	38,09 ± 0,31	37,79 ± 0,41	38,57 ± 0,32	36,91 ± 0,26
Способность прорастания, %	97,30 ± 0,50	96,40 ± 0,20	96,90 ± 0,20	97,90 ± 0,10	96,20 ± 0,20	96,80 ± 0,40
Водочувствительность, %	9,50 ± 0,50	19,50 ± 2,10	10,00 ± 1,40	12,00 ± 0,00	16,50 ± 0,50	14,00 ± 2,10
Содержание белка, % СВ*	13,72 ± 0,29	13,23 ± 0,18	11,97 ± 0,25	13,81 ± 0,16	12,57 ± 0,21	11,23 ± 0,14

* СВ – сухое вещество.

* СВ – solids.

Таблица 2. Влажность свежепросожденного солода

Table 2. Humidity of the freshly sprouted malt

Год урожая	2013		2015		2016	
	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Режим солодоращения						
Влажность, % «Приморский 89»	42	44	43	45	42	45
Влажность, % «Приморский 98»	44	47	44	48	46	48

* режим со стадией замачивания 25 ч;

** режим со стадией замачивания 48 ч.

* steeping mode = 25 h;

** steeping mode = 48 h.

быстрее набирало влагу во время замачивания, но к концу проращивания содержание влаги в этом сорте оказалось ниже, чем у «Приморского 98». При использовании различных режимов замачивания влажность свежепросожденного солода отличалась. Образцы, полученные при способе солодоращения с длительной стадией замачивания, показали высокую степень замачивания. Содержание влаги в зерне составляло 44–48 %. В образцах с коротким временем замачиванием этот показатель достигал 42–46 %. Данные о влажности свежепросожденного солода показаны в таблице 2.

После высушивания солод проанализировали на общее содержание белка, содержание растворимого белка, число Кольбаха и уровень аминного азота. Показатели солода, полученного при разных режимах солодоращения, представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, исследуемые сорта ячменя по-разному реагировали на увеличение времени

замачивания. Все образцы сорта «Приморский 98» показали значительную потерю азотистых веществ в солоде, чем у зерна, с увеличением времени замачивания. Для сорта «Приморский 89» увеличение длительности замачивания не оказало существенного влияния на изменение уровня азотистых веществ. При этом потери азотистых веществ у сорта «Приморский 98» были тем выше, чем более высокое начальное содержание белковых веществ наблюдалось в зерне. При начальном содержании белка 13,8 % потери белковых веществ при длительном замачивании составили более 1 %. Для зерна с начальным содержанием белка 11,2 % уменьшение азотистых веществ составило лишь 0,3 %. Это совпадает с данными работы, в которой говорится о том, что ячмень с высоким содержанием белка может терять больше азотистых веществ [10]. Для сорта «Приморский 89» потеря азотистых веществ при проращивании оставалась на уровне 0,2–0,3 %, независимо от времени замачивания и начального уровня белка в зерне, хотя разница в содержании белковых веществ в зерне этого сорта разных лет урожая составляла 1,75 %.

После высушивания свежепросожденного солода ростки остаются под оболочкой, а корешки удаляются. Известно, что корешки и ростки проращиваемого зерна богаты гидролизующими белками, поэтому через корешки и ростки могут происходить высокие потери белков [10]. Была измерена масса корешков, образующихся в готовом солоде. Для всех образцов зерна режим со стадией

Таблица 3. Показатели солода

Table 3. Malt profile

Год урожая	2013		2015		2016	
	1*	2**	1*	2**	1*	2**
Режим солодоращения						
Сорт ячменя	«Приморский 89»					
Влажность, %	6,62 ± 0,08	6,54 ± 0,13	6,32 ± 0,06	6,1 ± 0,09	6,63 ± 0,12	7,17 ± 0,18
Содержание белка, % СВ	13,42 ± 0,29	13,54 ± 0,17	13,06 ± 0,18	12,91 ± 0,27	11,66 ± 0,15	11,71 ± 0,31
Содержание растворимого азота, мг/100 г	651 ± 9	672 ± 12	654 ± 8	669 ± 9	649 ± 9	658 ± 5
Содержание свободного аминного азота, мг/100 г	114 ± 3	129 ± 6	109 ± 5	135 ± 6	115 ± 3	12 ± 4
Число Кольбаха, %	30,3	31,0	31,3	32,3	34,7	35,1
Потери на дыхание и ростки, % СВ	10,9 ± 0,11	11,1 ± 0,09	11,2 ± 0,12	11,1 ± 0,11	11,1 ± 0,13	11,3 ± 0,10
Сорт ячменя	«Приморский 98»					
Влажность, %	6,02 ± 0,14	6,60 ± 0,09	4,76 ± 0,19	4,94 ± 0,12	5,20 ± 0,05	5,67 ± 0,11
Содержание белка, % СВ	13,62 ± 0,19	12,78 ± 0,21	12,11 ± 0,23	11,62 ± 0,11	11,19 ± 0,17	10,91 ± 0,20
Содержание растворимого азота, мг/100 г	678 ± 8	709 ± 10	661 ± 11	703 ± 9	658 ± 8	689 ± 6
Содержание свободного аминного азота, мг/100 г	123 ± 7	148 ± 4	118 ± 6	137 ± 8	108 ± 5	121 ± 5
Число Кольбаха, %	31,1	34,7	34,1	37,8	36,8	39,5
Потери на дыхание и ростки, % СВ	11,4 ± 0,10	11,5 ± 0,12	11,3 ± 0,09	11,3 ± 0,11	11,1 ± 0,09	11,2 ± 0,13

* режим со стадией замачивания 25 ч;

** режим со стадией замачивания 48 ч.

* steeping mode = 25 h;

** steeping mode = 48 h.

замачивания 48 ч не вызывал интенсивного роста корешков и ростков. Интенсивность роста зависела от последующего режима орошения. Масса корешков для обоих сортов зерна при одинаковом режиме замачивания была примерно одинакова. Можно предположить, что сорт «Приморский 98» с более высоким содержанием белка теряет больше азотистых веществ из-за того, что больше азотистых веществ переносится в корешки, а в сорте «Приморский 89» количество азотистых веществ, переносимых в корешках, остается примерно на одном и том же уровне.

В ходе солодоращения в зерне протекают два процесса, связанных с метаболизмом азотистых веществ – гидролиз и синтез белков. В процессе проращивания зерна часть белков подвергается воздействию протеолитических ферментов и гидролизуется до пептидов и аминокислот. Из них зародыш строит новые белки, входящие в состав новых тканей [10, 11]. Протеолиз белков можно оценить по величине растворимого азота, числу Кольбаха и уровню свободного аминного азота. Растворимый азот – это азот, входящий в состав низкомолекулярных соединений, к которым относятся пептиды и аминокислоты. Число Кольбаха оценивает степень растворимости белка. Свободный аминный азот представляет собой сумму аминокислот, ди- и трипептидов, а также ионов аммония. При этом основную долю свободного аминного азота составляют аминокислоты. С увеличением распада белков величина растворимого азота, число Кольбаха и уровень свободного аминного азота увеличиваются [13]. Низкомолекулярные соединения азота оказывают влияние на цвет и аромат солода и пива. Уровень растворимого азота должен быть высоким, чтобы вкус пива не был «пустым». В то же время из солода с большим количеством растворимого азота получается пиво с меньшей пеностойкостью. Показатель свободного аминного азота используется для характеристики солода из-за того, что свободный аминный азот показывает количество азотистых соединений, доступных для питания дрожжей во время процесса пивоварения.

Для обоих сортов использование режима с более длительным замачиванием повышает уровень растворимого азота, что совпадает с литературными данными [21]. Также увеличивается число Кольбаха, что свидетельствует о более интенсивном распаде белков. При этом сорт «Приморский 89» показал низкие уровни растворимого азота и низкую степень растворения белка в сравнении с сортом «Приморский 98». Содержание растворимого азота в образцах солода находилось в интервале 649–709 мг/100 г. Этот показатель не нормируется ГОСТ 29294-2014, но по данным зарубежных авторов для солода, используемого в Германии, типичные значения составляют около 700 мг/100 г,

а для солода в Великобритании – 500–600 мг/100 г [1, 11]. Рекомендуемые значения числа Кольбаха составляют 39–41 % (ГОСТ 29294-2014). Длительное замачивание не привело к значительному увеличению числа Кольбаха для сорта «Приморский 89». Разница при различных режимах составила менее 1 %. Для сорта «Приморский 98» длительное замачивание увеличило число Кольбаха на 3 %. Сорт «Приморский 89» не достиг приемлемых значений этого показателя ни при каких условиях. Режим с длительным замачиванием для сорта «Приморский 98» оказался благоприятным.

Содержание свободного аминного азота ячменного солода должно составлять от 120 до 160 мг/100 г солода [15]. Этот показатель для обоих сортов показал такую же зависимость, как и величина растворимого азота. Уровень свободного аминного азота в сорте «Приморский 89» оказался ниже, чем у сорта «Приморский 98». Сорт «Приморский 89» достиг необходимых значений только при длительном режиме замачивания. Образцы ячменя сорта «Приморский 98» с высоким содержанием белковых веществ производили большее количество свободного аминного азота. Для сорта «Приморский 89» такой зависимости не наблюдалось. Этот показатель также выше у образцов солода, полученных при длительном режиме замачивания. Зерно имело высокое содержание влаги. Зерно с высокой степенью влажности производит больше свободного аминного азота, что совпадает с литературными данными [22]. Повышение уровня свободного аминного азота также свидетельствует о более интенсивном распаде белков. Разница в величине свободного аминного азота при различных режимах солодоращения может быть связана с длительностью нахождения зерна под водой. Согласно литературным данным во время замачивания ячменя концентрация свободного аминного азота увеличивается примерно в пять раз по сравнению с зерном. За все время солодоращения этот показатель увеличивается в девять раз [23].

Из литературных данных также известно, что при солодоращении образцов ячменя одного сорта, но содержащих разные уровни белковых веществ, в одинаковых условиях, продуцировались гидролитические ферменты на разных уровнях [11]. С другой стороны, уровень влаги в свежепросоленном солоде при использовании режима с длительным замачиванием оказался на 2–4 % выше. В работе японских авторов показано, что при изменении степени замачивания зерна с 43 % до 50 % активность протеиназ, участвующих в расщеплении белков, увеличивалась [24].

Таким образом, 2 сорта ячменя по-разному вели себя при различных режимах солодоращения. Для сорта «Приморский 98» при более длительном замачивании наблюдались высокие потери азотистых

веществ. При этом чем выше было содержание белковых веществ в исходном зерне, тем больше азотистых веществ терялось при длительном замачивании. Для сорта «Приморский 89» потери азотистых веществ оставались примерно на одном и том же уровне независимо от содержания белковых веществ в зерне и времени замачивания. При этом для исследуемых сортов наблюдалось различие в распаде белков. Сорт «Приморский 98» имел более высокие уровни растворимого азота, числа Кольбаха и свободного аминного азота, что указывает на более интенсивный гидролиз белковых веществ. Увеличение времени замачивания способствовало более интенсивному гидролизу белков.

Выводы

На динамику азотистых веществ во время солодоращения в большей степени влияют сортовые особенности ячменя, чем уровень белка в зерне. Для сорта «Приморский 98» использование длительного периода замачивания во время солодоращения позволило снизить содержание азотистых веществ в солоде на 1 % при среднем уменьшении этого показателя на 0,1–0,5 %. Для сорта «Приморский 89» увеличение времени замачивания не оказало существенного влияния на уровень азотистых веществ в готовом солоде. Потеря азотистых веществ сорта «Приморский 98» в ходе солодоращения возрастала с увеличением первоначального содержания белка в зерне, а для сорта «Приморский 89» потери азотистых веществ при проращивании оставались постоянными, независимо от уровня белка в зерне.

В ходе солодоращения у сорта «Приморский 98» происходил интенсивный гидролиз белков, на что указывает число Кольбаха. Длительное замачивание сорта «Приморский 98» позволило существенно увеличить число Кольбаха. Для сорта «Приморский 89» увеличение времени замачивания сказалось на числе Кольбаха незначительно. Известно, что основные

потери белков при солодоращении происходят при удалении корешков, но т. к. масса корешков оказалась примерно одинаковой для обоих сортов при использовании различных режимов замачивания, можно предположить, что сорт «Приморский 98» с высоким содержанием белка терял больше азотистых веществ из-за того, что больше азотистых веществ переносилось в корешки. В сорте «Приморский 89» количество азотистых веществ, переносимых в корешках, оставалось примерно на одном и том же уровне независимо от первоначального уровня белковых веществ в зерне. Также из-за более интенсивного гидролиза белков у сорта «Приморский 98» наблюдался высокий уровень свободного аминного азота, поэтому высокие потери азотистых веществ могли происходить на стадии замачивания из-за выщелачивания низкомолекулярных азотистых веществ. С увеличением времени нахождения под водой удалялось больше растворимых азотистых веществ.

Критерии авторства

М. Ф. Ростовская руководила проектом и готовила статью к печати. М. Ф. Ростовская, М. Д. Боярова и А. Г. Клыков выполняли экспериментальную часть, осуществляли обработку результатов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

M.F. Rostovskaya supervised the project and wrote the manuscript. M.F. Rostovskaya, M.D. Boyarova, and A.G. Klykov performed the experiments 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. Нарцисс, Л. Технология солодоращения / Л. Нарцисс. – СПб. : Профессия, 2007. – 583 с.
2. Genetic and environmental impact on protein profiles in barley and malt / H. Luo, S. Harasymow, B. Paynter [et al.] // *Journal of the Institute of Brewing*. – 2019. – Vol. 125, № 1. – P. 28–38. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.532>.
3. Глуховцев, В. В. Качественный состав белка зерна ярового ячменя в условиях Среднего Поволжья / В. В. Глуховцев, Н. В. Дрвальева // *Зерновое хозяйство России*. – 2012. – № 5. – С. 35–45.
4. Беркутова, Н. С. Методы оценки и формирование качества зерна / Н. С. Беркутова. – М. : Росагропромиздат, 1991. – 206 с.
5. Influence of production systems on return and risk from malting barley production in western Canada / E. G. Smith, T. K. Turkington, J. T. O'Donovan [et al.] // *Canadian Journal of Plant Science*. – 2016. – Vol. 96, № 3. – P. 339–346. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0129>.
6. Горпинченко, Т. В. Качество ячменя для пивоварения / Т. В. Горпинченко, З. Ф. Аникаева // *Пиво и напитки*. – 2002. – № 1. – С. 18–22.
7. Nitrogen and planting date effects on low-protein spring barley / D. T. Weston, R. D. Horsley, P. B. Schwarz [et al.] // *Agronomy Journal*. – 1993. – Vol. 85, № 6. – P. 1170–1174. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500060015x>.

8. Edney, M. J. Amino acid levels in wort and their significance in developing malting barley varieties / M. J. Edney, W. G. Legge, B. G. Rossnagel // 18th North American barley researchers workshop and 4th Canadian barley Symposium. – Alberta, 2005. – P. 99–103.
9. Effects of barley endosperm texture, processing condition requirements and malt and beer quality / R. Leach, Y. Li, M. Edney [et al.] // *MBAA TQ*. – 2002. – Vol. 39, № 4. – P. 191–202.
10. Agu, R. C. Some relationships between malted barleys of different nitrogen levels and the wort properties / R. C. Agu // *Journal of the Institute of Brewing*. – 2003. – Vol. 109, № 2. – P. 106–109. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2003.tb00137.x>.
11. Briggs, D. E. *Malt and malting* / D. E. Briggs. – Springer, 1998. – 796 p.
12. Влияние сроков хранения ячменя на солодовенные качества зерна / М. Ф. Ростовская, Ю. Ю. Гладких, Ю.В. Приходько [и др.] // *Пиво и напитки*. – 2011. – № 3. – С. 50–52.
13. Hübner, F. Comparison of protein degradation as a consequence of germination time and temperature in rye and barley malts / F. Hübner, E. K. Arendt // *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. – 2010. – Vol. 68, № 4. – P. 195–203. DOI: <https://doi.org/10.1094/asbcj-2010-0923-01>.
14. Emebiri, L. C. Breeding malting barley for consistently low grain protein to sustain production against predicted changes from global warming / L. C. Emebiri // *Molecular Breeding*. – 2015. – Vol. 35, № 18. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-015-0213-9>.
15. Müller, C. An accelerated malting procedure—influences on malt quality and cost savings by reduced energy consumption and malting losses / C. Müller, F.-J. Methner // *Journal of the Institute of Brewing*. – 2015. – Vol. 121, № 2. – P. 181–192. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.225>.
16. Brudzynski, A. The oxalic acid content in selected barley varieties grown in Poland, as well as their malts and worts / A. Brudzynski, A. Salamon // *Journal of the Institute of Brewing*. – 2011. – Vol. 117, № 1. – P. 67–73. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00445.x>.
17. Magliano, P. N. Protein content of grains of different size fractions in malting barley / P. N. Magliano, P. Prystupa, F. H. Gutiérrez-Boem // *Journal of the Institute of Brewing*. – 2014. – Vol. 120, № 4. – P. 347–352. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.161>.
18. Genotypic and environmental variation in barley beta-amylase activity and its relation to protein content / J. Wang, G. Zhang, J. Chen [et al.] // *Food Chemistry*. – 2003. – Vol. 83, № 2. – P. 163–165. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00058-X).
19. Grain protein concentration and harvestable protein under future climate conditions. A study of 108 spring barley accessions / C. H. Ingvordsen, R. Gislum, J. R. Jørgensen [et al.] // *Journal of Experimental Botany*. – 2016. – Vol. 67, № 8. – P. 2151–2158. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erw033>.
20. Влияние абиотических факторов на урожайность и качество зерна ярового ячменя в степной зоне Приморского края / А. Г. Клыков, Л. М. Моисеенко, Г. А. Муругова [и др.] // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2014. – № 3. – С. 43–45.
21. Effect of different steeping conditions on endosperm modification and quality of distilling malt / J. H. Bryce, V. Goodfellow, R. C. Agu [et al.] // *Journal of the Institute of Brewing*. – 2010. – Vol. 116, № 2. – P. 125–133. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00408.x>.
22. Influence of the malting parameters on the haze formation of beer after filtration / E. Steiner, E. K. Arendt, M. Gastl [et al.] // *European Food Research and Technology*. – 2011. – Vol. 233, № 4. – P. 587–597. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1547-0>.
23. Lekkas, C. Extraction of FAN from malting barley during malting and mashing / C. Lekkas, A. E. Hill, G. G. Stewart // *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. – 2014. – Vol. 72, № 1. – P. 6–11. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2014-0113-01>.
24. The effect of barley adjuncts on free amino nitrogen contents in wort / M. Yano, H. Tsuda, T. Imai [et al.] // *Journal of the Institute of Brewing*. – 2008. – Vol. 114, № 3. – P. 230–238. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2008.tb00333.x>.

References

1. Nartsiss L. *Tekhnologiya solodorashcheniya [Malting technology]*. St. Petersburg: Professiya; 2007. 583 p. (In Russ.).
2. Luo H, Harasymow S, Paynter B, MacLeod A, Izydorczyk MS, O'Donovan JT, et al. Genetic and environmental impact on protein profiles in barley and malt. *Journal of the Institute of Brewing*. 2019;125(1):28–38. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.532>.
3. Glukhovtsev VV, Drovalieva NV. Qualitative composition of spring barley protein in the conditions of Middle Povolzhie. *Grain Economy of Russia*. 2012;(5):35–45. (In Russ.).
4. Berkutova NS. *Metody otsenki i formirovanie kachestva zerna [Assessment methods and formation of grain quality]*. Moscow: Rosagropromizdat; 1991. 206 p. (In Russ.).
5. Smith EG, Turkington TK, O'Donovan JT, Edney MJ, Juskiw PE, McKenzie RH, et al. Influence of production systems on return and risk from malting barley production in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. 2016;96(3):339–346. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0129>.
6. Gorpichenko TV, Anikaeva ZF. *Kachestvo yachmenya dlya pivovareniya [Malting barley quality]*. Beer and beverages. 2002;(1):18–22. (In Russ.).

7. Weston DT, Horsley RD, Schwarz PB, Goos RJ. Nitrogen and planting date effects on low-protein spring barley. *Agronomy Journal*. 1993;85(6):1170–1174. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500060015x>.
8. Edney MJ, Legge WG, Rossnagel BG. Amino acid levels in wort and their significance in developing malting barley varieties. 18th North American barley researchers workshop and 4th Canadian barley Symposium; 2005; Alberta. Alberta, 2005. p. 99–103.
9. Leach R, Li Y, Edney M, Izydorczyk M, Egi A, Sawatzky K. Effects of barley endosperm texture, processing condition requirements and malt and beer quality. *MBAA TQ*. 2002;39(4):191–202.
10. Agu RC. Some relationships between malted barleys of different nitrogen levels and the wort properties. *Journal of the Institute of Brewing*. 2003;109(2):106–109. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2003.tb00137.x>.
11. Briggs DE. *Malt and malting*. Springer; 1998. 796 p.
12. Rostovskaya MF, Gladkikh YY, Prihodko VV, Klykov AG. Influence of periods of storage of barley on солодовые качества зерна. *Beer and beverages*. 2011;(3):50–52. (In Russ.).
13. Hübner F, Arendt EK. Comparison of protein degradation as a consequence of germination time and temperature in rye and barley malts. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2010;68(4):195–203. DOI: <https://doi.org/10.1094/asbcj-2010-0923-01>.
14. Emebiri LC. Breeding malting barley for consistently low grain protein to sustain production against predicted changes from global warming. *Molecular Breeding*. 2015;35(18). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-015-0213-9>.
15. Müller C, Methner F-J. An accelerated malting procedure—influences on malt quality and cost savings by reduced energy consumption and malting losses. *Journal of the Institute of Brewing*. 2015;121(2):181–192. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.225>.
16. Brudzynski A, Salamon A. The oxalic acid content in selected barley varieties grown in Poland, as well as their malts and worts. *Journal of the Institute of Brewing*. 2011;117(1):67–73. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2011.tb00445.x>.
17. Magliano PN, Prystupa P, Gutiérrez-Boem FH. Protein content of grains of different size fractions in malting barley. *Journal of the Institute of Brewing*. 2014;120(4):347–352. DOI: <https://doi.org/10.1002/jib.161>.
18. Wang J, Zhang G, Chen J, Shen Q, Wu F. Genotypic and environmental variation in barley beta-amylase activity and its relation to protein content. *Food Chemistry*. 2003;83(2):163–165. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00058-X).
19. Ingvordsen CH, Gislum R, Jørgensen JR, Mikkelsen TN, Stockmarr A, Jørgensen RB. Grain protein concentration and harvestable protein under future climate conditions. A study of 108 spring barley accessions. *Journal of Experimental Botany*. 2016;67(8):2151–2158. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erw033>.
20. Klykov AG, Moiseenko LM, Murugova GA, Rostovskaya MF, Boyarova MD. Influence of abiotic factors on cropping power and quality of spring barley grain in steppe zone of Primorskij kraj. *Vestnik of the Russian agricultural sciences*. 2014;(3):43–45. (In Russ.).
21. Bryce JH, Goodfellow V, Agu RC, Brosnan JM, Bringham TA, Jack FR. Effect of different steeping conditions on endosperm modification and quality of distilling malt. *Journal of the Institute of Brewing*. 2010;116(2):125–133. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2010.tb00408.x>.
22. Steiner E, Arendt EK, Gastl M, Becker T. Influence of the malting parameters on the haze formation of beer after filtration. *European Food Research and Technology*. 2011;233(4):587–597. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1547-0>.
23. Lekkas C, Hill AE, Stewart GG. Extraction of FAN from malting barley during malting and mashing. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2014;72(1):6–11. DOI: <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-2014-0113-01>.
24. Yano M, Tsuda H, Imai T, Ogawa Y, Ohkochi M. The effect of barley adjuncts on free amino nitrogen contents in wort. *Journal of the Institute of Brewing*. 2008;114(3):230–238. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.2008.tb00333.x>.

Сведения об авторах

Ростовская Марина Феликсовна

канд. хим. наук, доцент, доцент департамента пищевых наук и технологий Школы биомедицины, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (924) 241-93-60, e-mail: rost-mf@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7581-9956>

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

 <https://orcid.org/0000-0003-0496-7000>

Information about the authors

Marina F. Rostovskaya

Cand.Sci.(Chem.), 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 (924) 241-93-60, e-mail: rost-mf@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7581-9956>

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

 <https://orcid.org/0000-0003-0496-7000>

Клыков Алексей Григорьевич

д-р био. наук, заведующий отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур, ФГБНУ Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», 692539, Россия, п. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30, тел.: +7 (4234) 39-24-00, e-mail: alex.klykov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

Alexey G. Klykov

Dr.Sci.(Bio.), Head of the Department of Selection and Biotechnology of Agricultural Crops, A.K. Chaika Federal Scientific Center of agrobiotechnology in the Far East, 30, Volozhenina Str., Timiryazevsky, 692539, Russia, phone: +7 (4234) 39-24-00, e-mail: alex.klykov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2390-3486>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-329-342>
УДК 546.92

Обзорная статья
<http://fptt.ru/>

Исследование антимикробной активности моноядерных и биядерных нитритных комплексов платины (II) и платины (IV)

О. В. Салищева*^{ORCID}, А. Ю. Просеков^{ORCID}, В. Ф. Долганюк^{ORCID}



Дата поступления в редакцию: 13.04.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

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

*e-mail: Salishcheva_OV@mail.ru



© О. В. Салищева, А. Ю. Просеков, В. Ф. Долганюк, 2020

Аннотация.

Введение. Эволюционируя, патогенные микроорганизмы включают новые механизмы защиты против антибиотиков, вынуждая вести поиск новых антимикробных средств. Формы на основе комплексов, по сравнению со свободными лигандами, проявляют синергетический антимикробный эффект. Рассмотрены современные направления по созданию антимикробных систем. Цель работы – скрининг антимикробных свойств нитритных комплексов платины.

Объекты и методы исследования. Антимикробную активность оценивали для пяти синтезированных комплексов платины (II) и платины (IV), моноядерных и биядерных, содержащих концевые и мостиковые нитритные лиганды, в отношении тест-культур *Bacillus subtilis* и *Aspergillus niger* с использованием диск-диффузионного метода и макрометода серийных разведений.

Результаты и их обсуждение. Все исследуемые комплексы обладают способностью ингибировать метаболический рост микроорганизмов в разной степени, зависящей от состава, строения, термодинамической устойчивости комплекса, числа и заряда координационных центров, степени окисления платины. Более выраженная активность проявилась против *Aspergillus niger*. Комплекс-неэлектролит Pt⁺², содержащий концевые и мостиковые NO₂⁻-лиганды, проявляет меньшую активность, чем катионный комплекс Pt⁺², содержащий только мостиковые NO₂⁻-лиганды. Самой высокой антибактериальной активностью обладает биядерный комплекс Pt^{IV}-Pt^{II}[(NH₃)₂(NO₂)₂Pt^{IV}(μ-NO₂)₂Pt^{II}(NH₃)₂](NO₃)₂. МИК составила > 125 мкм.

Выводы. Полиядерные комплексы содержат два или более платиновых центра, способны ковалентно связываться с ДНК, образовывать совершенно иной вид аддуктов ДНК, по сравнению с моноядерными комплексами, формировать шивки между цепями с фиксацией на различных участках. Октаэдрические комплексы платины, по сравнению с плоскоквадратными, способны действовать как пролекарства, восстанавливаясь внутри или вне бактериальной клетки. Дальнейшие исследования будут нацелены на композиционные смеси комплексов с известными антимикробными агентами, и в отношении других штаммов бактерий.

Ключевые слова. Антимикробная активность, платина, лиганды, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger*

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

Для цитирования: Салищева, О. В. Исследование антимикробной активности моноядерных и биядерных нитритных комплексов платины (II) и платины (IV) / О. В. Салищева, А. Ю. Просеков, В. Ф. Долганюк // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 329–342. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-329-342>.

Review article

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

Antimicrobial Activity of Mononuclear and Bionuclear Nitrite Complexes of Platinum (II) and Platinum (IV)

O.V. Salishcheva*^{ORCID}, A.Yu. Prosekov^{ORCID}, V.F. Dolganyuk^{ORCID}

Received: April 13, 2020
Accepted: May 29, 2020

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

*e-mail: Salishcheva_OV@mail.ru



© O.V. Salishcheva, A.Yu. Prosekov, V.F. Dolganyuk, 2020

Abstract.

Introduction. Pathogens keep evolving and develop resistance to antimicrobial drugs. As a result, science is constantly searching for new antimicrobial agents. Their complex forms based on organic and inorganic ligands exhibit a stronger synergistic antimicrobial effect, if compared to free ligands. The Scopus database contains 73 thousand scientific articles about antimicrobial activity descriptors published during the last five years. This selection includes ten thousand reviews and three thousand publications that feature the antimicrobial activity of platinum complexes. The research objective was to screen the antimicrobial properties of platinum nitrite complexes. The present paper highlights some of the current domestic and foreign trends in this field of research: the biochemical synthesis of peptides as metabolites of bacteria; the development of anti-biofilm agents that act on the protective systems of pathogens; the creation of antimicrobial nanosystems; the synthesis of antimicrobial surfactants; the synthesis and study of the antimicrobial activity of platinum complexes, etc. The authors also give a brief description of the mechanisms of antibacterial action.

Study objects and methods. Five previously synthesized complexes of platinum (II) and platinum (IV), both mononuclear and binuclear, were tested for antimicrobial activity. The platinum complexes contained terminal and bridged nitrite ligands. The test cultures included *Bacillus subtilis* and *Aspergillus niger*. The experiment involved the disk-diffusion method and the macro method of serial dilutions.

Results and discussion. All the complexes inhibited the metabolic growth of microorganisms to various degrees. The results depended on the composition and structure of the complex, the number and charge of the coordination centers, the degree of platinum oxidation, and the thermodynamic stability and lability of ligand bonds with the complexing agent. The response to *Aspergillus niger* proved more pronounced. The Pt⁺² nonelectrolyte complex containing both terminal and bridged nitrite ligands was less active than the Pt⁺² cationic complex, which contained only bridged NO₂⁻ ligands. The highest antibacterial activity belonged to the binuclear complex of Pt^{IV}-Pt^{II} [(NH₃)₂(NO₂)₂Pt^{IV}(μ-NO₂)₂Pt^{II}(NH₃)₂](NO₃)₂ in relation to *Bacillus subtilis* B4647 and *Aspergillus niger*. The minimum inhibitory concentration (MIC) was > 125 μmol.

Conclusion. The complexing resulted in a synergistic effect between the ligand and the complexing substance. The poly-core complexes contain two or more linked platinum centers that can covalently bind to DNA. They form a completely different type of DNA adducts compared to mononuclear complexes, as well as cross-links between DNA chains with fixation on different parts. The octahedral platinum complexes are kinetic and thermodynamically inert. Unlike similar squamous complexes, they proved to be able to act as prodrugs, recovering inside or outside the bacterial cell. The antimicrobial activity of the mixed-valence Pt^{IV}-Pt^{II} binuclear complex [(NH₃)₂(NO₂)₂Pt^{IV}(μ-NO₂)₂Pt^{II}(NH₃)₂](NO₃)₂ produced inhibitory effect comparable to the existing antimicrobial drugs. A further research will focus on composite mixtures of platinum complexes with other existing antimicrobial agents, as well as on other bacterial strains.

Keywords. Antimicrobial activity, platinum, ligands, *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger*

Funding. The research received financial support from a Grant of the President of the Russian Federation for State Support of Leading Scientific Schools of the Russian Federation, Grant No. NSH-2694.2020.4.

For citation: Salishcheva OV, Prosekov AYu, Dolganyuk VF. Antimicrobial Activity of Mononuclear and Binuclear Nitrite Complexes of Platinum (II) and Platinum (IV). Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):329–342. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-329-342>.

Введение

Во время бушующей эпидемии остро встает вопрос быстрого поиска высокоэффективных антибактериальных препаратов. Патогенные и условно-патогенные микроорганизмы высоко адаптированы к изменению внешних условий и быстро приобретают резистентность к антибиотикам, антисептикам, дезинфектантам и прочим противомикробным препаратам. Это ведет к непредсказуемости исходов осложнений у человека и живых организмов при лечении и профилактике заболеваний.

Антибактериальные вещества, противовоспалительные терапевтические агенты, противовирусные препараты, антибиотики, антисептики, антиоксиданты, бактериофаги, консерванты, дезинфектанты – без них невозможно представить жизнь человека. Колоссальное количество исследований посвящено этой теме. По дескрипторам *Antimicrobial activity* за последние пять лет в БД Scopus найдено 73 тыс научных статей, из которых 10 тыс – обзорные

статьи, а 3 тыс посвящены исследованию антимикробной активности комплексов платины. Следует отметить несколько современных и перспективных направлений, на которые нацелено внимание исследователей всего мира.

Аналитический обзор

Использование природных стратегий нерибосомального синтеза пептидов. Из различных морских микроорганизмов выделены десятки метаболитов, являющихся полипептидами, которые используют для конкурентной меж- и внутривидовой борьбы экосистем [1]. Изучение типов и структур первичных и вторичных метаболитов, а также механизмов их антибактериального действия выявило огромный потенциал их применения в качестве природных консервантов продуктов, медицинских и ветеринарных терапевтических препаратов или фитосанитарных средств для защиты растений [2]. Следует иметь в виду, что некоторые бактерии (например, *Clostridium botulinum*, *Vibrio cholerae*, *Escherichia coli*, *Yersinia sp.*) синтезируют

экзотоксины, являющиеся вторичными метаболитами и вызывающие заболевания у человека [3].

Создание аналогов природных защитных молекул, обеспечивающих противостояние макроорганизма патогенным бактериям, т. е. аналогов антимикробных пептидов системы врожденного иммунитета [4].

Бактериоцины, обладающие антимикробными свойствами, за счет широкого спектра антагонистической активности могут представлять альтернативу антибиотикам [5].

Механизмы действия бактериоцинов против бактериальных клеток разнообразны. Один из механизмов – это образование каналов в цитоплазматической мембране, что нарушает мембранный потенциал клетки и все биохимические процессы. Бактериоцины вызывают нуклеазную деградацию нуклеиновых кислот клетки, а также, помимо разрушения клеточной ДНК, вызывают полное ингибирование липидного синтеза бактерий. Другой механизм связан с нарушением белкового синтеза клетки, что происходит за счет специфического расщепления рибосомальной 16S РНК, нарушение синтеза тРНК и клеточных ферментов. Антимикробные свойства проявляют штаммы микроорганизмов, выделенных из различного растительного и животного сырья. Известно об антимикробной активности штаммов *Bacillus safensis*, *Bacillus endopheticus*, *Bacillus subtilis* [6]. В работе [7] изучен антимикробный потенциал бактериоцинов молочнокислых бактерий штаммов *Lactobacillus* в отношении некоторых штаммов патогенных микроорганизмов.

Антимикробные пептиды энтерококков – бактериоцины – являются важной группой защитных факторов, с помощью которых бактерии данного рода обеспечивают колонизационную резистентность биотопов пищеварительного тракта [8].

Методом твердофазной экстракции выделены бактериоцины (пептидные фракции массой

1,0–3,0 кДа) из метаболитов *Enterococcus faecium*. Механизм биологического действия пептидов оценивали с использованием ДНК-тропных красителей с последующей регистрацией спектров флуоресценции. Бактерицидное действие энтероцинов направлено на цитоплазматическую мембрану клеток-мишеней с формированием в ней пор, что ведет к выходу внутриклеточного калия, аминокислот и других низкомолекулярных веществ [9].

Анти-био пленочные антимикробные агенты. Новое поколение антимикробных агентов действует как профилактический или терапевтический инструмент для контроля синтеза биопленки, устойчивой к антибиотикам, включая биопленки, образуемые микробами на поверхностях различных медицинских устройств. Свойство мембранной проницаемости агентов делает их эффективными в быстром уничтожении бактерий с множественной лекарственной устойчивостью [10]. Также действуют как против спящих, так и против растущих клеток, независимо от их метаболического состояния. Кроме того, их заряд способствует взаимодействию с отрицательно заряженными бактериальными поверхностями, мешая метаболическим процессам или внутриклеточным мишеням. Это может привести к ингибированию синтеза клеточной стенки, синтеза нуклеиновых кислот и продуцирования белка.

В медицине патогенный эффект микроорганизма *S. aureus* объясняется различными факторами вирулентности, такими как адгезия к клеткам, продуцирование токсинов, ферментов и хемотаксических факторов. Кроме того, *S. aureus* создает биопленки на поверхностях катетеров и имплантированных медицинских устройств (шунты для жидкости, протезы суставов и кардиостимуляторы), в результате чего микроорганизм становится устойчивым к антибиотикам и врожденной защите хозяина [11]. Анти-био пленочные агенты особенно ценны в плане профилактики образования микробных пленок,

Штаммы МРЗС	Колонии на конго-рот-агаре (штамм, синтезирующий слизь)
<i>S. aureus</i> 357426	Темный (+)
<i>S. aureus</i> 355872	Темный (+)
<i>S. aureus</i> 348839	Темный (+)
<i>S. aureus</i> 354432	Красный (-)
<i>S. aureus</i> 350355	Красный (-)
<i>S. aureus</i> 360212	Красный (-)
<i>S. aureus</i> ATCC 43300	Темный (+)



Темные колонии (штамм МРЗС, производящий слизь)

Красные колонии (штамм МРЗС, не производящий слизь)

Рисунок 1. Результаты окрашивания колоний штаммов золотистого стафилококка [12]: образующие черные колонии – штаммы-продуценты биопленки; образующие красные колонии – штаммы, не продуцирующие биопленку

Figure 1. Staining of *Staphylococcus aureus* [12]: black colonies are biofilm producing strains; red colonies are strains that do not produce biofilm

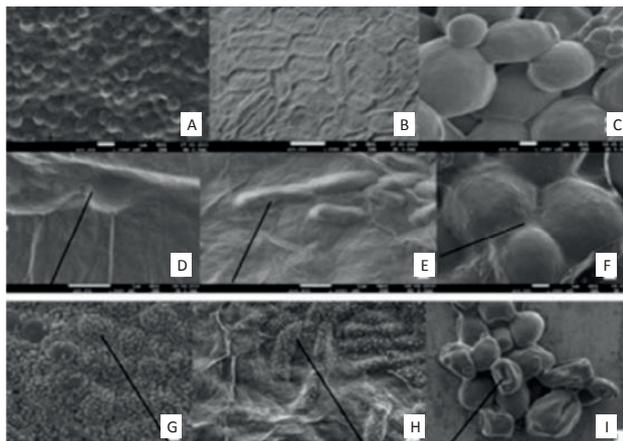


Рисунок 2. Изображения электронного сканирующего микроскопа тестовых-культур *S. aureus* (A), *E. coli* (B), *C. albicans* (C) после инкубации с физиологическим раствором; тестовых-культур *S. aureus* (D), *E. coli* (E), *C. albicans* (F) с оксидом графена (29 мг/мл) выдержка в течение 2 ч и 24 ч; (G), (H), (I) соответственно [14]

Figure 2. Electronic scanning microscope images: test cultures of *S. aureus* (A), *E. coli* (B), *C. albicans* (C) after incubation with saline; test cultures of *S. aureus* (D), *E. coli* (E), *C. albicans* (F) with graphene oxide (29 mg/mL) exposure for 2 h and 24 h; (G), (H), (I), respectively [14]

т. к. убивают планктонные клетки, способные создавать биопленку, подавляют рост клеток, уже присутствовавших в биопленке, и блокируют адгезию к поверхности.

В статье Е. Ciandrini и др. изучен синергетический эффект против биопленок золотистого стафилококка (MRSA) для оценки способности антимикробных пептидов ингибировать образование биопленки (рис. 1) [12]. Исследованы пептиды: Темпорин А, Ситропин 1.1, Гибридный пептид цекропина А-мелиттина [СА (1-7) М (2-9) NH₂], Pal-KGK-NH₂ (с последовательностью пальмитоил-лиз-гли-лиз-NH₂). Для оценки способности продуцировать «слизь» колонии каждого штамма (MRSA) высевали на поверхность чашек с агаром и красителем. Штаммы-продуценты биопленки были идентифицированы как штаммы, образующие черные колонии, а штаммы, не продуцирующие биопленку, как штаммы с красными колониями.

Учитывая, что бактерии в биопленках встроены во внеклеточную матрицу, состоящую из смеси полимерных веществ, комбинация антимикробных пептидов с ферментами, ингибиторами, хелатирующими агентами и дезагрегирующими матрицу агентами приводит к усилению анти-биопленочной активности. Помимо анти-биопленочной активности, антимикробные пептиды имеют ряд преимуществ: эффективность мембранного нацеливания, быстрота бактерицидного действия, низкая иммуногенность, низкие цитотоксичность и риск резистентности [11].

В пищевой промышленности всегда актуально создание антимикробных упаковочных материалов, включая бионаноконпозиции для предотвращения

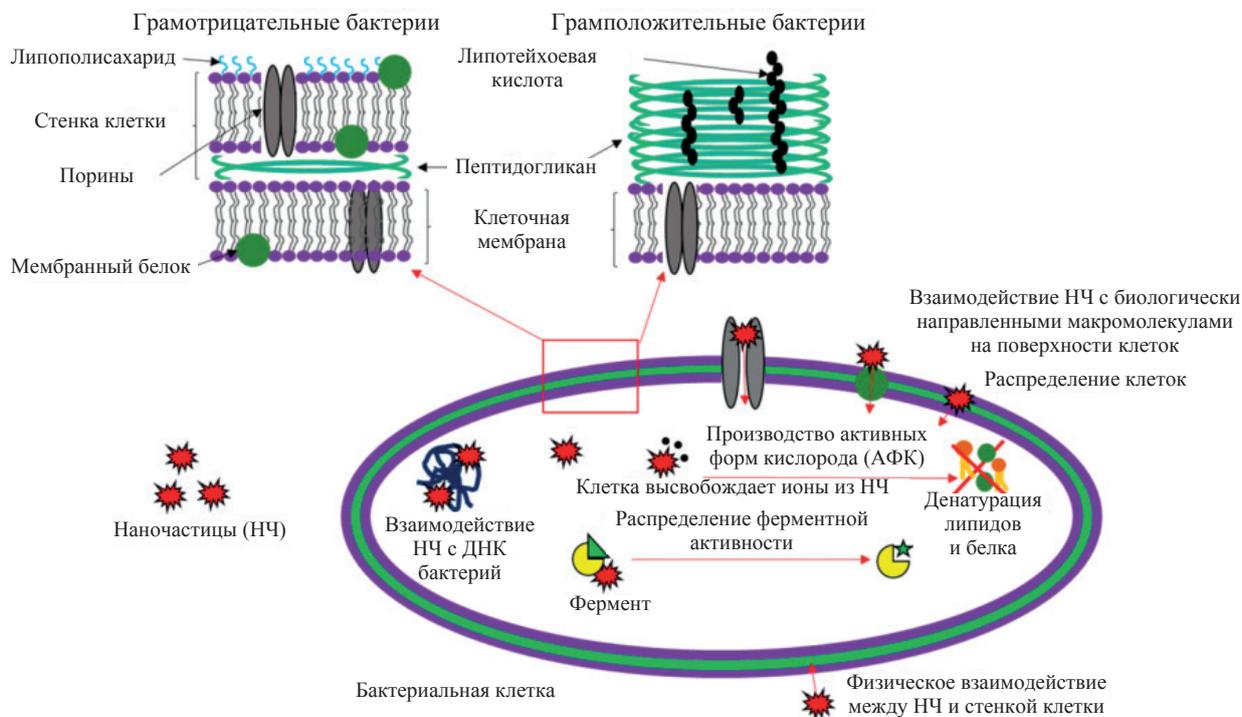


Рисунок 3. Потенциальные механизмы антимикробной активности наночастиц [17]

Figure 3. Potential mechanisms of the antimicrobial activity of nanoparticles [17]

распространения патогенных микроорганизмов в пищевых продуктах [13].

Наносистемы. Большое внимание уделяется изучению наноструктур. Ранее проведенные исследования в области антимикробных свойств оксида графена привели к объяснению механизма его антимикробного действия за счет влияния двух факторов: механического повреждения мембраны микробных клеток острыми концами нанотрубок оксида графена и запуском окислительного стресса [14]. Максимальное противомикробное влияние проявляется через 2 часа взаимодействия с суспензией оксида графена. Под ее воздействием происходит повреждение клеточной мембраны микроорганизма с последующей его гибелью. Чувствительность к оксиду графена обнаружена у бактерий и грибов. При этом грамположительные толстостенные бактерии погибают под действием наночастиц быстрее, чем грамотрицательные тонкостенные. Изображения, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа (рис. 2), показывают, что клетки тест-культур покрываются слоем наночастиц, что ограничивает жизнедеятельность. Дальнейший контакт микроорганизмов с наночастицами приводит к нарушению целостности клеточной мембраны с вытеканием внутреннего содержимого, приводящий к гибели клетки.

Исследование бактерицидных свойств наночастиц ZnO, TiO₂ и SiO₂ по отношению к микроорганизмам *Bacillus subtilis*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Aureobasidium pullulans*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium ochrochloron*, *Trichoderma viride*, *Paecilomyces variotii* открывает перспективы в использовании наноматериалов для изготовления защитных покрытий, устойчивых к биоповреждению [15].

Водорастворимые наноконкомпозиты элементарного селена, синтезированные окислением полифункционального органического соединения селена с использованием природного полисахарида арабиногалактана в качестве стабилизатора наночастиц, формируются в виде диспергированных в полисахаридной матрице сферических частиц аморфного селена размером 31–78 нм. Для наноконкомпозита, содержащего 3,9 % Se, установлена выраженная антимикробная активность в отношении бактериального фитопатогена *Clavibacter michiganensis subsp. sepedonicus* [16]. В большинстве случаев наночастицы металлов служат «системой доставки» нужного препарата.

На рисунке 3 представлены механизмы антибактериального действия наночастиц [17]. Одним из наиболее распространенных является адсорбционный механизм. При адсорбции наночастиц на поверхности клеточной мембраны нарушаются ее проницаемость и дыхательные функции. Другой механизм рассматривает способность наночастиц

проникать внутрь клетки, взаимодействовать с фосфор- и серосодержащими веществами, нарушая окисления и фосфорилирования. Кроме того, наночастицы внутри клетки способствуют образованию свободных радикалов или активных форм кислорода.

Антимикробные поверхностно-активные вещества. В исследовании Т. Р. Pirog и др. представлен анализ данных литературы последних лет относительно антибактериальной антифунгицидной активности микробных поверхностно-активных веществ (ПАВ): липопептидов, синтезированных представителями родов *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Brevibacillus*; рамнолипидов бактерий родов *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Lysinibacillus*; софоролипидов дрожжей родов *Candida* (*Starmerella* и *Rhodotorula*), а также собственных экспериментальных исследований антимикробной активности ПАВ, синтезированных *Acinetobacter calcoaceticus* IMBB-7241, *Rhodococcus erythropolis* IMBAc-5017 и *Nocardia vaccinii* IMBB-7405 [18]. Липопептиды являются эффективными антимикробными агентами по сравнению с гликолипидами. Минимальные ингибирующие концентрации (МИК) липопептидов, рамнолипидов и софоролипидов составляют (мкг/мл) 1–32, 50–500 и 10–200 соответственно. Преимуществами гликолипидов как антимикробных агентов, по сравнению с липопептидами, являются возможность их синтеза на промышленных отходах и высокая концентрация синтезированных ПАВ.

Механизм антимикробной активности ПАВ связывают с адсорбцией ПАВ, образованием комплексов на поверхности микробной клетки, изменением электрохимических свойств и проницаемости мембраны и, как следствие, нарушением физиологических процессов и ферментативной активности микроорганизмов.

Моно- и полиядерные комплексы платины. После открытия противораковой активности комплексов платины возросло число работ, посвященных исследованию цитотоксических и антимикробных свойств координационных соединений металлов платиновой группы. Введение биологически активных лигандов в координационные соединения металлов имеет большое значение для разработки новых лекарственных средств с улучшенной и целенаправленной активностью. Исследования таких комплексов показывают, что новые механизмы действия благоприятны при сочетании биоактивности лиганда со свойствами, присущими металлу. Это приводит к возможности преодоления существующих путей лекарственной устойчивости. Лиганды вводятся в систему для ограничения неблагоприятного воздействия избыточных ионов металлов. При хелатировании лигандов с ионом металла происходят некоторые

радикальные изменения, включающие повышенную липофильность, стабилизацию специфических окислительных состояний и способствующие инертности замещения. Лекарственные средства на основе комплексов металлов могут играть неотъемлемую роль в достижении нужной потенциальной антибактериальной активности и токсичности металлургического препарата, применяемого для диагностики и терапии. По сравнению с высоко реакционноспособными наночастицами комплексные соединения способны проявлять меньшую токсичность.

Известно множество комплексов различных металлов в органических лигандах природного происхождения. Например, водорастворимые металлокомплексы никеля и кобальта на основе пектината натрия, проявляющие антимикробную активность [19].

Многочисленные моно- и полиядерные комплексы платины были синтезированы в последние годы. Большое внимание было сосредоточено на полиядерных комплексах платины, которые вошли в фазу I клинических испытаний в 1998 году. Один из классов противоопухолевых полиядерных соединений платины представлен азолато-мостиковыми динуклеарными комплексами платины, которые при дополнительном электростатическом взаимодействии образуют аддукты ДНК [20]. Синтезированы биядерные комплексы Pt (II) с фторированными гетероциклическими лигандами: 5-перфторалкил-1,2,4-оксадиазолилпиридином и 3-перфторалкил-1-метил-1,2,4-триазолилпиридином [20]. Роль мостиков между двумя атомами платины осуществляли атомы хлора. Комплексы проявили антимикробную активность в отношении кишечной палочки, *Kocuriarhizophila* и двух штаммов золотистого стафилококка.

Известно большое число карбоксилатных элементарноорганических бетаинов на основе фосфора, серы, азота, кремния и пр. Все эти соединения используются широко в медицине в качестве лекарственных препаратов. Самый известный карбоксилатный бетаин – глицин – входит в состав белков и выполняет важную роль в биологических процессах. Арсенобетаин, выделенный из морепродуктов, синтезируется различными видами фотосинтезирующих организмов, включая водоросли, фитопланктон, цианобактерии [21]. На основе карбоновых кислот взаимодействием их галогенпроизводных 2-хлор и 2-бромуксусной, 3-хлор- и 3-бромпропановой кислот с диметилсульфоксидом синтезированы третичные сульфониевые соли. Аналогичные бетаины были выделены путем экстракции из листьев *Spartinaanglica*. Синтез карбоксилатных сульфобетаинов открывает широкие возможности для получения новых биологически активных

веществ. Эти соединения проявляют селективную биологическую активность в отношении патогенной микрофлоры человека и животных *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*, *Salmonellap. B.* [21]. Для синтеза комплексов, проявляющих биологическую активность, в качестве лигандов широко используют биоорганические соединения с выраженной биологической функцией.

Основания Шиффа и их комплексы, содержащие донорные атомы азота и кислорода, обладают антимикробной и противоопухолевой активностью [22]. Комплексы оснований Шиффа представлены в производстве соединений, представляющих фармацевтический интерес. Наличие электронодонорных и электроакцепторных заместителей оказывает влияние на комплексообразование, а также на антимикробное и противоопухолевое поведение.

Гетероциклические азотсодержащие соединения представлены в различных областях. Пиримидиновые кольца являются составляющей системой множества веществ, включая природные, которые играют жизненно важную роль в биологических процессах. Например, витамины, коферменты, пурины, птерины, нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Свойства пиримидинов в значительной степени определяются электронно-акцепторными свойствами двух атомов азота. Каждый из них усиливает электронный эффект другого в 2-, 4- и 6-положениях. Производные пиримидинов используются в медицинской химии и обладают выраженной антимикробной, противоопухолевой и противогрибковой активностями [23].

Пиразолон является одним из важных гетероциклических соединений, имеющих пятичленное кольцо и дополнительную группу кето (C=O). Производные пиразолона, обладающие превосходной способностью образовывать хелаты с рядом катионов металлов и реакционной способностью положения -4 в пиразолоновом кольце, широко применяются как антимикробные и терапевтические агенты в составе металлокомплексов [24].

Производные кумарина представляют важную группу природных соединений из-за их ценной и разнообразной биологической активности. Химические модификации этих соединений привели к получению препаратов, используемых в клинической практике (антикоагулянты, антитромботические агенты). Азотсодержащие гетероциклические производные кумаринов обладают антиоксидантной, противоопухолевой и антибактериальной активностью [25]. В работе А. Н. Евстропова с соавторами были исследованы антимикробные свойства синтезированных производных кумаринов на основе растительного фурукумарина пеucedанина на тест-культурах *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa*, а также эффект торможения

препаратами адгезивной активности *P. aeruginosa* при моделировании пленкообразования на поверхности медицинских материалов [25].

Изучено комплексобразование платины (II) с различными серу-кислород и азот-кислород содержащими лигандами: этилендиаминдиацетатом и меркаптоуксусной кислотой [26]. При бидентатной координации этилендиаминдиацетата по атому азота карбоксильная группа лиганда не участвует в комплексобразовании. Комплексы образуют пятичленный металл-хелатный циклы. В зависимости от состава и строения комплексы проявляют различную антимикробную активность.

Платиновые комплексы, содержащие полиаминовые лиганды, за счет атомов азота способны к образованию водородных связей с ДНК. Антимикробный и противоопухолевый эффекты комплексов платины достигаются за счет ингибирования синтеза ДНК, РНК и белков клеток, формирования сшивок между цепями ДНК и фиксацией одной ее цепи за счет преимущественного связывания с пуриновыми азотистыми основаниями. Либо соединение платины за счет одной валентности с ДНК, а другой – с amino- и гидроксигруппами молекулы белка [27].

Исследование биологической активности октаэдрических комплексов четырехвалентной платины, являющихся кинетически и термодинамически инертными соединениями, по сравнению с аналогичными плоскоквадратными комплексами двухвалентной платины, показало, что они действуют как пролекарства и восстанавливаются внутри или вне опухолевой клетки [28]. Отметим, что в последние два десятилетия большое число работ посвящено изучению противоопухолевых и антимикробных свойств октаэдрических комплексов платины, считавшихся ранее не применимыми для этих целей. Преимущество комплексов четырехвалентной платины перед комплексами двухвалентной платины заключается в их высокой активности и в более низкой токсичности.

Взаимодействием гидрата гексахлороплатиново-дородной кислоты с хлоридами органиламмония в ацетонитриле получены комплексы $[(C_2H_5)_2NH_2]_2[PtCl_6]$, $[(C_2H_5)_4N]_2[PtCl_6]$ и $[(CH_3)_3NH]_2[PtCl_6]$ [27]. Синтезированные кристаллы состоят из тетраэдрических катионов органиламмония и гексахлороплатинатных октаэдрических анионов. Изучена антимикробная активность синтезированных комплексов в отношении *Escherichia coli* штамма М-17. Антибактериальная активность была исследована при концентрациях комплексов 0,029, 0,0029 и 0,00029 моль/дм³.

Нитрит-ион является амбидентатным лигандом и может координироваться за счет донорных атомов азота и кислорода, образуя с ионами переходных металлов многочисленные координационные соединения: нитрокомплексы за счет атомов азота;

нитритокомплексы – монодентатно за счет атомов кислорода; хелатные комплексы – бидентатно за счет атомов кислорода; мостиковые – с одновременным присоединением к двум атомам металла.

Нитрогруппа в комплексах платины координирована через азот. Высокая прочность и инертность связи платины с азотом практически исключает возможность изомеризации нитрогруппы в комплексах. Ранее был разработан метод направленного синтеза биядерных комплексов платины с различными мостиковыми лигандами с помощью которого синтезированы серии комплексных соединений платины и палладия. В них реализуются оба способа координации нитрогрупп, а именно биядерные комплексы, в которых NO₂-группа связана с двумя центральными атомами одновременно через атомы азота и кислорода, т. е. является мостиком [29, 30]. Азотсодержащие комплексы признаны биологически активными соединениями за счет содержания нитрогруппы. Они проявляют большую ДНК-связывающую и антимикробную активность, чем другие комплексы [23].

Комплексные соединения платины проявляют высокий антимикробный эффект, не уступая в активности известным современным антимикробным агентам. Кроме того, их относят к неклассическим алкилирующим препаратам, обладающим цитостатическим противоопухолевым действием. Механизм биологического действия комплексов металлов в биологических системах не до конца изучен, но особенности действия связаны с их способностью модифицировать метаболизм в клетках за счет стерического и электронного воздействия. Основная особенность – электронно-донорная природа биомолекул и электронно-акцепторная способность ионов платины. За счет этого наблюдается сильное химическое взаимодействие. Не следует исключать нековалентное взаимодействие комплексов платины с ДНК в режиме интеркаляции и электростатического взаимодействия. Изменяя структуру комплекса (состав и заряд внутренней сферы, число координационных центров, природу и дентатность лигандов и пр.), достигается высокая антибактериальная активность и низкий токсический эффект комплексов.

Целью работы является исследование антимикробных свойств синтезированных моноядерных и биядерных нитритных комплексов платины (II) и платины (IV) в отношении тест-культур *Bacillus subtilis* и *Aspergillus niger*.

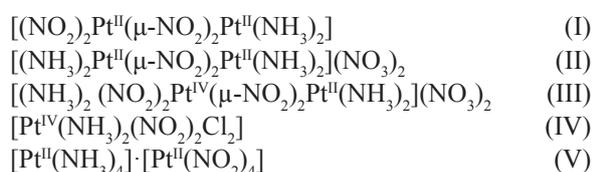
Объекты и методы исследования

В качестве тест-культур использовали стандартные штаммы микроорганизмов Всероссийской коллекции ГосНИИ Генетика (Москва): *Bacillus subtilis* В-4647 и *Aspergillus niger*.

Исследование проводилось в НИИ биотехнологии Кемеровского государственного университета.

Для каждого штамма готовили суспензию на основе дистиллированной воды с конечной концентрацией 10^8 КОЕ/мл. Микроорганизмы были культивированы на питательных средах, в соответствии с паспортом штамма, с последующей инокуляцией и инкубированием в средах. Для *Bacillus subtilis* B-4647 – мясопептонный агар (МПА), для *Aspergillus niger* – бульон Сабуро. Температура инкубирования – 37°C , время инкубирования – 24–48 ч.

Антимикробную активность оценивали для пяти комплексов платины (II) и платины (IV) моноядерных и биядерных, содержащих концевые и/или мостиковые нитритные лиганды. Синтез описан в [29, 30].



Для тестирования антимикробной активности использовали диск-диффузионный метод. На поверхность агаризованной среды вносили 0,5 мкл суспензии исследуемых микроорганизмов ($\sim 10^6$ КОЕ), затем помещали бумажные диски, пропитанные водным раствором комплексного соединения ($c = 1 \times 10^{-3}$ моль/дм³). После инкубирования при 37°C в течение 24 ч наблюдали зоны ингибирования. Эффект ингибирования сравнивали с эффектом антибактериального препарата хлорамфеникола.

Минимальную ингибирующую концентрацию (МИК) комплексов определяли макрометодом разведения в жидкой питательной среде мясопептонном бульоне (МПБ). Тестирование проводили в пробирках путем двукратного разведения МПБ, содержащего исследуемый комплекс. Начальная концентрация комплекса составляла 1×10^{-3} моль/дм³ (1000 мкм). Стандартную суспензию тест-микроорганизмов вносили во все пробирки ($\sim 10^7$ КОЕ/мл). Рост микроорганизмов контролировали после инкубирования при 37°C через 24 ч, измеряя светорассеяние при $\lambda = 980$ нм с помощью спектрофотометра UV 1800 (Shimadzu). МИК определяли как самую минимальную концентрацию комплекса, при которой происходит сдерживание видимого роста тест-культур.

Результаты и их обсуждение

Антибактериальный скрининг комплексов показан на рисунке 4 (табл. 1). Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследуемые комплексные соединения обладают способностью ингибировать метаболический рост микроорганизмов в разной степени. Антимикробная активность зависит от состава и строения комплекса платины, числа координационных центров, их заряда, растворимости, от степени окисления центрального атома, термодинамической устойчивости и лабильности связей лигандов с комплексообразователем.

Исследование процесса подавления роста бактерий и грибов через 24 ч показало, что зона ингибирования комплекса $\text{Pt}^{\text{IV}}\text{-Pt}^{\text{II}}[(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_2\text{Pt}^{\text{IV}}(\mu\text{-NO}_2)_2\text{Pt}^{\text{II}}(\text{NH}_3)_2](\text{NO}_3)_2$ сопоставима с зоной ингибирования для антимикробного препарата, который

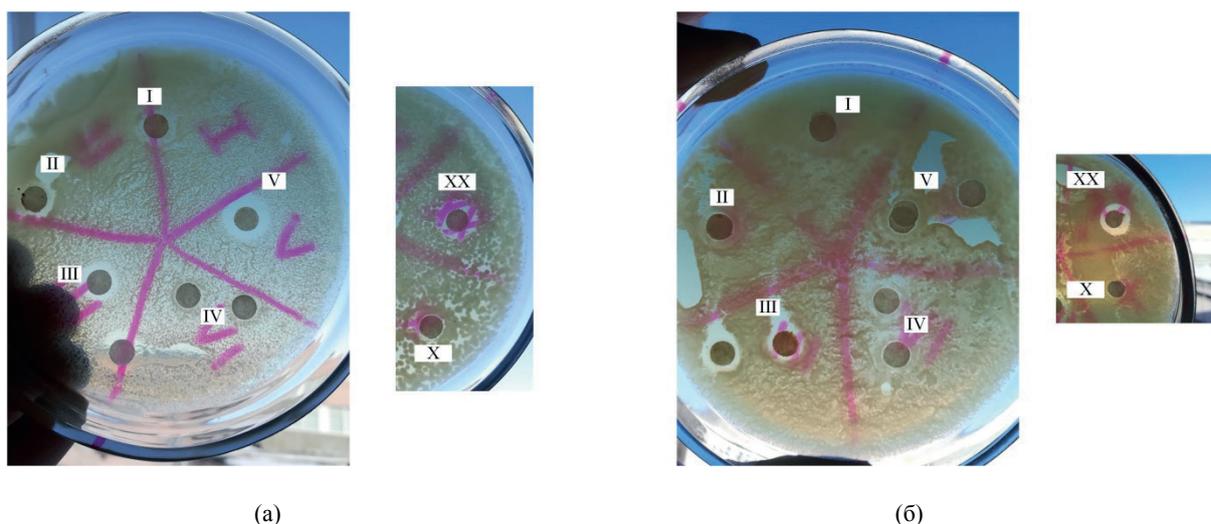


Рисунок 4. Антибактериальная активность нитритных комплексов платины: зоны ингибирования через 24 ч: (а) грибов *Aspergillus niger*; (б) бактерий *Bacillus subtilis*. Для сравнения приведены зоны ингибирования в отсутствии комплексов при действии антибактериального препарата (XX) и без него (X)

Figure 4. Antibacterial activity of platinum nitrite complexes: inhibition zones after 24 h: (a) *Aspergillus niger* fungi; (b) *Bacillus subtilis* bacteria. For comparison: zones of inhibition without complexes, with and without antibacterial drug (XX) (X)

Таблица 1. Антимикробная активность нитритных моноядерных и биядерных комплексов платины по отношению к микроорганизмам *Bacillus subtilis* B4647 и *Aspergillus niger*Table 1. Antimicrobial activity of nitrite mononuclear and binuclear complexes of platinum against *Bacillus subtilis* B4647 and *Aspergillus niger*

Комплекс	Диаметр зоны ингибирования, мм		
	<i>Bacillus subtilis</i> B4647	<i>Aspergillus niger</i>	
I	[(NO ₂) ₂ Pt ^{II} (μ-NO ₂) ₂ Pt ^{II} (NH ₃) ₂]	6	9
II	[(NH ₃) ₂ Pt ^{II} (μ-NO ₂) ₂ Pt ^{II} (NH ₃) ₂](NO ₃) ₂	9	11
III	[(NH ₃) ₂ (NO ₂) ₂ Pt ^{IV} (μ-NO ₂) ₂ Pt ^{II} (NH ₃) ₂](NO ₃) ₂	13	13
IV	[Pt ^{IV} (NH ₃) ₂ (NO ₂) ₂ Cl ₂]	7	7
V	[Pt ^{II} (NH ₃) ₄][Pt ^{II} (NO ₂) ₄]	7	15
XX	Антибактериальный препарат	15	15
X	Вода	–	–

* результаты представляют собой среднее стандартное отклонение трех независимых экспериментов, проведенных в двухповторностях.

* the results are the mean standard deviation of three independent duplicate experiments.

обладает самой высокой активностью по отношению к *Bacillus subtilis* B4647 и *Aspergillus niger*.

Результаты скрининга показали, что более выраженная активность всех комплексов проявилась против грибов *Aspergillus niger*. Для биядерного комплекса Pt⁺², содержащего концевые и мостиковые нитритные лиганды (комплекс I), диаметр зон ингибирования меньше, чем для комплекса Pt⁺², содержащего только мостиковые нитритные лиганды (соединение II). Соединение двухвалентной платины с комплексными катионом и анионом (соединение V) проявляет избирательную активность.

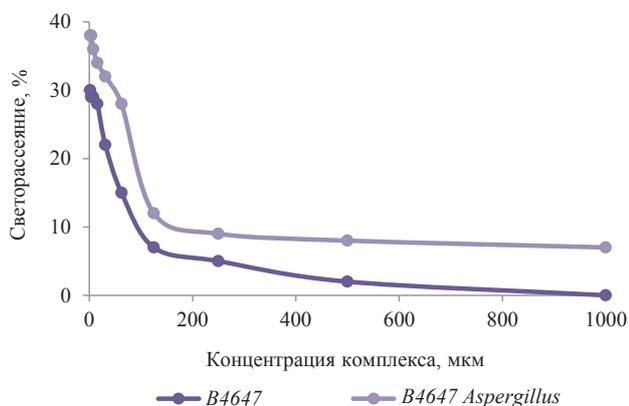
Самым высоким антибактериальным эффектом обладает биядерный комплекс Pt^{IV}-Pt^{II} [(NH₃)₂(NO₂)₂Pt^{IV}(μ-NO₂)₂Pt^{II}(NH₃)₂](NO₃)₂ против *Bacillus subtilis* B4647 и *Aspergillus niger*. С одной стороны, повышение общего электрического заряда металлоцентров приводит к дополнительному электростатическому взаимодействию с образованием аддуктов с ДНК. С другой стороны, повышенная активность хелатов металлов может быть

объяснена на основе хелатной теории Твиди [31]. Согласно ей полярности лиганда и центрального атома металла уменьшаются посредством уравнивания заряда по всему хелатному кольцу. Это повышает липофильный характер хелата металла и способствует его проникновению через липидный слой бактериальных мембран.

Сравнивая активность биядерного и моноядерного комплексов Pt⁺⁴ (соединения III и IV), видно превышение антибактериальной активности для биядерного комплекса почти в два раза. Моноядерный комплекс Pt⁺⁴ содержит лабильные связи центрального атома с хлором, аналогично цисплатину. Однако исследование термодинамической устойчивости мономерных и димерных нитритных комплексов платины показали, что значения констант нестойкости k_{Cl} для комплекса Pt⁺⁴ на порядок ниже, чем для комплекса Pt⁺² [32]. Ион NO₂⁻ за счет π-акцепторных свойств является не только транс-активным лигандом, но и сильным σ-донором, поэтому скорость замещения атома хлора по координате NO₂-Pt-Cl уменьшается с повышением прочности связи Pt-Cl.

Согласно данным [23] соединения за счет наличия высокоэлектронной нитрогруппы (-NO₂) проявляют высокую биологическую активность. Присутствие нитрогруппы действует не только как химические изостеры для атомов кислорода в гетероциклическом основании тимидина, но и участвует в «сильной» O-H связи. В результате проявляется большая ДНК-связывающая и антимикробная активность в сравнении с другими комплексами.

Минимальная (бактерицидная) ингибирующая концентрация (МИК) нитритных комплексов платины по отношению к *Bacillus subtilis* B4647 и *Aspergillus niger* составила > 125 мкм (рис. 5).

Рисунок 5. Зависимости интенсивности светорассеяния растворов от концентрации комплекса [(NO₂)₂Pt^{II}(μ-NO₂)₂Pt^{II}(NH₃)₂]Figure 5. Effect of the concentration of the complex [(NO₂)₂Pt^{II}(μ-NO₂)₂Pt^{II}(NH₃)₂] on the light scattering intensity of solutions

Выводы

Эволюция патогенных микроорганизмов и возникновение различных механизмов их защиты против антимикробных препаратов вынуждает человечество постоянно вести исследования

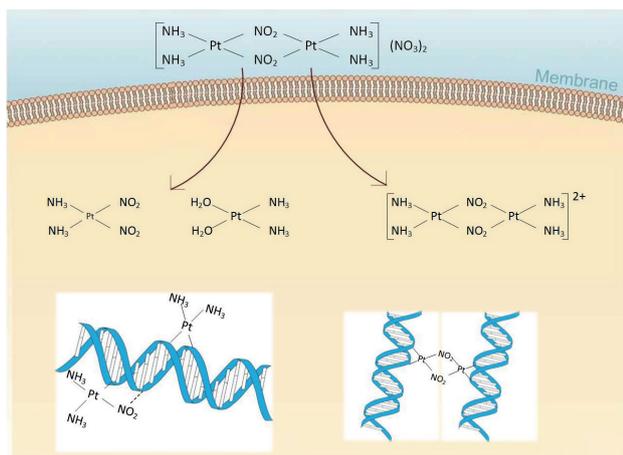


Рисунок 6. Механизм взаимодействия биядерного комплекса платины с ДНК

Figure 6. Mechanism of interaction between the binuclear platinum complex and the DNA

по поиску новых антимикробных средств. Лекарственные формы на основе комплексов с органическими и неорганическими лигандами проявляют больший антимикробный эффект по сравнению с органическими препаратами. Комплексообразование приводит к проявлению синергетического эффекта между лигандом и комплексообразователем. Большое количество терапевтических агентов представляет собой хелаты платины, железа, иридия, родия, рутения, палладия, кобальта и никеля. При хелатировании лигандов с ионом металла происходящие структурные изменения, включающие изменение липофильности, стабилизацию специфических окислительных состояний, перераспределение электронной плотности, изменение термодинамической устойчивости и кинетической инертности замещения, благоприятствуют снижению негативного действия свободного иона металла. Полиядерные платиновые комплексы содержат два или более связанных платиновых центра, которые могут ковалентно связываться с ДНК, способны образовывать совершенно иной вид аддуктов ДНК, по сравнению с моноядерными комплексами, способны к формированию сшивок между цепями ДНК с фиксацией на различных ее участках (рис. 6).

Октаэдрические комплексы платины, являющиеся кинетически и термодинамически инертными соединениями, по сравнению с аналогичными плоскоквадратными комплексами, способны действовать как пролекарства, восстанавливаясь внутри или вне бактериальной клетки. Активность усиливается за счет повышения биологической доступности комплексов. Препараты на основе металлокомплексов облегчают транспорт терапевтических препаратов к бактериальной клетке.

Все исследуемые комплексы платины проявляли различные степени ингибирующего воздействия на рост тестируемых видов микроорганизмов в зависимости от состава, строения и заряда координационных центров, термодинамической устойчивости и кинетической лабильности.

Более высокий антимикробный эффект показал биядерный комплекс смешанной валентности $Pt^{IV}-Pt^{II} [(NH_3)_2 (NO_2)_2 Pt^{IV}(\mu-NO_2)_2 Pt^{II}(NH_3)_2](NO_3)_2$ против *Bacillus subtilis* B4647 и *Aspergillus niger*. Зона ингибирования данного комплекса сопоставима с зоной ингибирования для антимикробного препарата, который обладает самой высокой активностью по отношению *Bacillus subtilis* B4647 и *Aspergillus niger*.

Дальнейшие исследования будут нацелены на композиционные смеси комплексов платины с известными антимикробными агентами, а также в отношении других штаммов бактерий.

Критерии авторства

А. Ю. Просеков – руководство проектом. О. В. Салищева – синтез комплексов, скрининг антимикробной активности. В. Ф. Долганюк – скрининг антимикробной активности.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

A.Yu. Prosekov supervised the research. O.V. Salishcheva synthesized the complexes and screened their antimicrobial properties. V.F. Dolganyuk screened the antimicrobial activities.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Wang, Y.-P. Metabolite sensing and signaling in cell metabolism / Y.-P. Wang, Q.-Y. Lei // Signal Transduction and Targeted Therapy. – 2018. – Vol. 3. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41392-018-0024-7>.
2. Андрюков, Б. Г. Антимикробная активность вторичных метаболитов морских бактерий / Б. Г. Андрюков, В. В. Михайлов, Н. Н. Беседнова // Антибиотики и химиотерапия. – 2019. – Т. 64, № 7–8. – С. 44–55.
3. Pinu, F. R. Analysis of intracellular metabolites from microorganisms: quenching and extraction protocols / F. R. Pinu, S. G. Villas-Boas, R. Aggio // Metabolites. – 2017. – Vol. 7, № 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo7040053>.

4. Chemical synthesis and analysis of antimicrobial and hemolytic activity of structural analogous of a peptide protegrin I / P. M. Kopeykin, M. S. Sukhareva, N. V. Lugovkina [et al.] // Медицинский академический журнал. – 2019. – Т. 19, № 5. – С. 169–170. DOI: <https://doi.org/10.17816/MAJ19151169-170>.
5. Перспективы использования бактериоцинов нормальной микробиоты в антибактериальной терапии (обзор) / М. И. Заславская, Т. В. Махрова, Н. А. Александрова [и др.] // Современные технологии в медицине. – 2019. – Т. 11, № 3. – С. 136–145. DOI: <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.3.17>.
6. 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>.
7. Determination of the intensity of bacteriocin production by strains of lactic acid bacteria and their effectiveness / M. I. Zimina, A. F. Gazieva, J. Pozo-Dengra [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2017. – Vol. 5, № 1. – P. 108–117. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-108-117>.
8. Вальшев, А. В. Антимикробные соединения энтерококков / А. В. Вальшев // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2014. – № 5. – С. 119–126.
9. Васильченко, А. С. Биологическая активность антимикробных пептидов enterococcus faecium / А. С. Васильченко, Е. А. Рогожин, А. В. Вальшев // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2015. – № 4. – С. 22–26.
10. Antimicrobial activity of different antimicrobial peptides (AMPs) against clinical methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) / E. Ciandrini, G. Morroni, D. Arzeni [et al.] // Current Topics in Medicinal Chemistry. – 2018. – Vol. 18, № 24. – P. 2116–2126. DOI: <https://doi.org/10.2174/1568026618666181022140348>.
11. Suresh, M. K. An update on recent developments in the prevention and treatment of *Staphylococcus aureus* biofilms / M. K. Suresh, R. Biswas, L. Biswas // International Journal of Medical Microbiology. – 2019. – Vol. 309, № 1. – P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2018.11.002>.
12. Synergic combinations of antimicrobial peptides (AMPs) against biofilms of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) on polystyrene and medical devices / E. Ciandrini, G. Morroni, O. Cirion [et al.] // Journal of Global Antimicrobial Resistance. – 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2019.10.022>.
13. Al-Tayyar, N. A. Antimicrobial food packaging based on sustainable Bio-based materials for reducing foodborne Pathogens: A review / N. A. Al-Tayyar, A. M. Youssef, R. Al-hindi // Food Chemistry. – 2020. – Vol. 310. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125915>.
14. Антимикробная активность оксида графена / М. Н. Егорова, Л. А. Тарасова, Я. А. Ахременко [и др.] // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Медицинские науки. – 2019. – Т. 16, № 3. – С. 11–17. DOI: [https://doi.org/10.25587/SVFU.2019.3\(16\).39459](https://doi.org/10.25587/SVFU.2019.3(16).39459).
15. Antimicrobial potential of ZnO, TiO₂ and SiO₂ nanoparticles in protecting building materials from biodegradation / L. Dyshlyuk, O. Babich, S. Ivanova [et al.] // International Biodeterioration and Biodegradation. – 2020. – Vol. 146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.104821>.
16. Синтез и антимикробная активность стабилизированных арабиногалактаном наночастиц селена из бис(2-фенилэтил)диселенофосфината натрия / М. В. Лесничая, С. Ф. Малышева, Н. А. Белогорлова [и др.] // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2019. – № 12. – С. 2245–2251.
17. Jamróz, E. The effect of nanofillers on the functional properties of biopolymer-based films: a review / E. Jamróz, P. Kulawik, P. Kopel // Polymers. – 2019. – Vol. 11, № 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym11040675>.
18. Antimicrobial activity of surfactants of microbial origin / T. P. Pirog, D. A. Lutsay, L. V. Kliuchka [et al.] // Biotechnologia Acta. – 2019. – Vol. 12, № 1. – P. 39–57. DOI: <https://doi.org/10.15407/biotech12.01.039>.
19. Synthesis of new sodium pectinate metal complexes with cobalt and nickel ions and their antimicrobial activity / S. T. Minzanova, D. M. Arkhipova, A. V. Khabibullina [et al.] // Doklady Chemistry. – 2019. – Vol. 487, № 2. – P. 207–211. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0012500819080044>.
20. Synthesis, structural characterization, anti-proliferative and antimicrobial activity of binuclear and mononuclear Pt(II) complexes with perfluoroalkyl-heterocyclic ligands / S. Rubino, I. Pibiri, C. Minacori [et al.] // Inorganica Chimica Acta. – 2018. – Vol. 483. – P. 180–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ica.2018.07.039>.
21. Synthesis, structure, and antimicrobial activity of (carboxyalkyl)dimethylsulfonium halides / Yu. V. Bakhtiyarova, D. I. Bakhtiyarov, K. A. Ivshin [et al.] // Russian Journal of General Chemistry. – 2017. – Vol. 87, № 9. – P. 1903–1907. DOI: <https://doi.org/10.1134/S107036321709002X>.
22. New series of metal complexes by amphiphilic biopolymeric Schiff bases from modified chitosans: Preparation, characterization and effect of molecular weight on its biological applications / H. F. G. Barbosa, M. Attjioui, A. P. G. Ferreira [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. – 2020. – Vol. 145. – P. 417–428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.153>.
23. Design, synthesis, pharmacological evaluation and DNA interaction studies of binuclear Pt(II) complexes with pyrazolo[1,5-a]pyrimidine scaffold / M. V. Lunagariya, K. P. Thakor, B. N. Waghela [et al.] // Applied Organometallic Chemistry. – 2018. – Vol. 32, № 4. DOI: <https://doi.org/10.1002/aoc.4222>.

24. New Ni(II), Pd(II) and Pt(II) complexes coordinated to azo pyrazolone ligand with a potent anti-tumor activity: Synthesis, characterization, DFT and DNA cleavage studies / E. A. Bakr, G. B. Al-Hefnawy, M. K. Awad [et al.] // Applied Organometallic Chemistry. – 2018. – Vol. 32, № 2. DOI: <https://doi.org/10.1002/aoc.4104>.
25. Исследование антимикробной активности кумариновых субстанций в отношении *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa* / А. Н. Евстропов, Л. Г. Бурова, И. В. Широких [и др.] // Бактериология. – 2018. – Т. 3, № 2. – С. 16–19.
26. Разнолигандные комплексы платины(II) с биологически активными серу – и азотсодержащими лигандами / А. Н. Азизова, Д. Б. Тагиев, Ш. Г. Касумов [и др.] // Бутлеровские сообщения. – 2017. – Т. 51, № 8. – С. 27–32.
27. Комплексы четырехвалентной платины: синтез, строение, антимикробная активность / А. Р. Ткачёва, В. В. Шарутин, О. К. Шарутина [et al.] // Журнал общей химии. – 2020. – Т. 90, № 4. – С. 599–603. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0044460X20040150>.
28. Galanski, M. Searching for the magic bullet: anticancer platinum drugs which can be accumulated or activated in the tumor tissue / M. Galanski, B. K. Keppler // Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry. – 2007. – Vol. 7, № 1. – P. 55–73. DOI: <https://doi.org/10.2174/187152007779314017>.
29. Салищева, О. В. Биядерные комплексы платины(II) и палладия(II) с нитритными мостиками / О. В. Салищева, Н. А. Старкина, М. И. Гельфман // Научное обозрение. – 2006. – № 1. – С. 47–50.
30. Салищева, О. В. Биядерные комплексы платины смешанной валентности / О. В. Салищева, Н. А. Старкина, М. И. Гельфман // Современные наукоемкие технологии. – 2007. – № 8. – С. 36.
31. Spectroscopic, theoretical, and antibacterial approach in the characterization of 5-methyl-5-(3-pyridyl)-2,4-imidazolinedione ligand and of its platinum and palladium complexes / S. J. Sabounchei, P. Shahriary, S. Salehzadeh [et al.] // Comptes Rendus Chimie. – 2015. – Vol. 18, № 5. – P. 564–572. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crci.2014.04.013>.
32. Trans-influence of a nitro group in platinum complexes / M. I. Gel'fman, N. A. Starkina, O. V. Salishcheva [et al.] // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2007. – Vol. 52, № 10. – P. 1551–1556. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0036023607100130>.

References

1. Wang Y-P, Lei Q-Y. Metabolite sensing and signaling in cell metabolism. Signal Transduction and Targeted Therapy. 2018;3. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41392-018-0024-7>.
2. Andryukov BG, Mikhailov VV, Besednova NN. Antimicrobial activity of secondary metabolites of marine bacteria. Antibiotics and Chemotherapy. 2019;64(7–8):44–55. (In Russ.).
3. Pinu FR, Villas-Boas SG, Aggio R. Analysis of intracellular metabolites from microorganisms: quenching and extraction protocols. Metabolites. 2017;7(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo7040053>.
4. Kopeykin PM, Sukhareva MS, Lugovkina NV, Shamova OV. Chemical synthesis and analysis of antimicrobial and hemolytic activity of structural analogous of a peptide protegrin 1. Medical Academic Journal. 2019;19(S):169–170. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17816/MAJ191S1169-170>.
5. Zaslavskaya MI, Makhrova TV, Aleksandrova NA, Ignatova NI, Belova IV, Tochilina AG, et al. Prospects for using bacteriocins of normal microbiota in antibacterial therapy (review). Modern Technologies in Medicine. 2019;11(3):136–145. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17691/stm2019.11.3.17>.
6. Zimina MI, Sukhih 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>.
7. Zimina MI, Gazieva AF, Pozo-Dengra J, Noskova SYu, Prosekov AYu. Determination of the intensity of bacteriocin production by strains of lactic acid bacteria and their effectiveness. Foods and Raw Materials. 2017;5(1):108–117. DOI: <https://doi.org/10.21179/2308-4057-2017-1-108-117>.
8. Valyshev AV. Antimicrobial compounds of enterococci. Journal of Microbiology Epidemiology Immunobiology. 2014;(5):119–126. (In Russ.).
9. Vasilchenko AS, Rogozhin EA, Valyshev AV. Biological activity of antimicrobial peptides of enterococcus faecium. Journal of Microbiology Epidemiology Immunobiology. 2015;(4):22–26. (In Russ.).
10. Ciandrini E, Morrone G, Arzeni D, Kamysz W, Neubauer D, Kamysz E, et al. Antimicrobial activity of different antimicrobial peptides (AMPs) against clinical methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). Current Topics in Medicinal Chemistry. 2018;18(24):2116–2126. DOI: <https://doi.org/10.2174/1568026618666181022140348>.
11. Suresh MK, Biswas R, Biswas L. An update on recent developments in the prevention and treatment of *Staphylococcus aureus* biofilms. International Journal of Medical Microbiology. 2019;309(1):1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijmm.2018.11.002>.

12. Ciandrini E, Morroni G, Cirion O, Kamysz W, Kamysz E, Brescini L, et al. Synergic combinations of antimicrobial peptides (AMPs) against biofilms of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) on polystyrene and medical devices. *Journal of Global Antimicrobial Resistance*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2019.10.022>.
13. Al-Tayyar NA, Youssef AM, Al-hindi R. Antimicrobial food packaging based on sustainable Bio-based materials for reducing foodborne Pathogens: A review. *Food Chemistry*. 2020;310. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125915>.
14. Egorova MN, Tarasova LA, Ahremenko YaA, Ilarova VI, Vasileva FD, Smagulova SA. Antimicrobial activity of graphene oxide. *Vestnik of North-Eastern Federal University. Medical Sciences*. 2019;16(3):11–17. (In Russ.). DOI: [https://doi.org/10.25587/SVFU.2019.3\(16\).39459](https://doi.org/10.25587/SVFU.2019.3(16).39459).
15. Dyshlyuk L, Babich O, Ivanova S, Vasilchenko N, Atuchin V, Korolkov I, et al. Antimicrobial potential of ZnO, TiO₂ and SiO₂ nanoparticles in protecting building materials from biodegradation. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 2020;146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2019.104821>.
16. Lesnichaya MV, Malysheva SF, Belogorlova NA, Graskova IA, Gazizova AV, Pefilyeva AI, et al. Synthesis and antimicrobial activity of arabinogalactan-stabilized selenium nanoparticles from sodium bis(2-phenylethyl)diselenophosphate. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Division of Chemical Sciences*. 2019;(12):2245–2251. (In Russ.).
17. Jamróz E, Kulawik P, Kopel P. The effect of nanofillers on the functional properties of biopolymer-based films: a review. *Polymers*. 2019;11(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/polym11040675>.
18. Pirog TP, Lutsay DA, Kliuchka LV, Beregova KA. Antimicrobial activity of surfactants of microbial origin. *Biotechnologia Acta*. 2019;12(1):39–57. DOI: <https://doi.org/10.15407/biotech12.01.039>.
19. Minzanova ST, Arkhipova DM, Khabibullina AV, Mironova LG, Voloshina AD, Sapunova AS, et al. Synthesis of new sodium pectinate metal complexes with cobalt and nickel ions and their antimicrobial activity. *Doklady Chemistry*. 2019;487(2):207–211. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0012500819080044>.
20. Rubino S, Pibiri I, Minacor C, Alduina R, Di Stefano V, Orecchio S, et al. Synthesis, structural characterization, anti-proliferative and antimicrobial activity of binuclear and mononuclear Pt(II) complexes with perfluoroalkyl-heterocyclic ligands. *Inorganica Chimica Acta*. 2018;483:180–190. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ica.2018.07.039>.
21. Bakhtiyarova YuV, Bakhtiyarov DI, Ivshin KA, Galkina IV, Krasnyuk II, Gerasimov AV, et al. Synthesis, structure, and antimicrobial activity of (carboxyalkyl)dimethylsulfonium halides. *Russian Journal of General Chemistry*. 2017;87(9):1903–1907. DOI: <https://doi.org/10.1134/S107036321709002X>.
22. Barbosa HFG, Attjioui M, Ferreira APG, Moerschbacher BM, Cavalheiro ETG. New series of metal complexes by amphiphilic biopolymeric Schiff bases from modified chitosans: Preparation, characterization and effect of molecular weight on its biological applications. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020;145:417–428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.153>.
23. Lunagariya MV, Thakor KP, Waghela BN, Pathak C, Patel MN. Design, synthesis, pharmacological evaluation and DNA interaction studies of binuclear Pt(II) complexes with pyrazolo[1,5-a]pyrimidine scaffold. *Applied Organometallic Chemistry*. 2018;32(4). DOI: <https://doi.org/10.1002/aoc.4222>.
24. Bakr EA, Al-Hefnawy GB, Awad MK, Abd-Elatty HH, Youssef MS. New Ni(II), Pd(II) and Pt(II) complexes coordinated to azo pyrazolone ligand with a potent anti-tumor activity: Synthesis, characterization, DFT and DNA cleavage studies. *Applied Organometallic Chemistry*. 2018;32(2). DOI: <https://doi.org/10.1002/aoc.4104>.
25. Evstropov AN, Burova LG, Shirokih IV, Lipeeva AV, Shults EE. Study of the antimicrobial activity coumarin substances against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Bacteriology*. 2018;3(2):16–19. (In Russ.).
26. Azizova AN, Tagiev DB, Kasumov SG, Hasanov KI. The various ligand complexes of platinum(II) with biologically active sulfur- and nitrogen-containing ligands. *Butlerov Communications*. 2017;51(8):27–32. (In Russ.).
27. Tkacheva AR, Sharutin VV, Sharutina OK, Shlepotina NM, Kolesnikov OL, Shishkova YuS, et al. Tetravalent platinum complexes: synthesis, structure, and antimicrobial activity. *Zhurnal Obschei Khimii*. 2020;90(4):599–603. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0044460X20040150>.
28. Galanski M, Keppler BK. Searching for the magic bullet: anticancer platinum drugs which can be accumulated or activated in the tumor tissue. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*. 2007;7(1):55–73. DOI: <https://doi.org/10.2174/187152007779314017>.
29. Salishcheva OV, Starkina NA, Gel'fman MI. Biyadernnye komplekсы platiny(II) i palladiya(II) s nitritnymi mostikami [Binuclear complexes of platinum(II) and palladium(II) with nitrite bridges]. *Scientific Review*. 2006;(1):47–50. (In Russ.).
30. Salishcheva OV, Starkina NA, Gel'fman MI. Biyadernnye komplekсы platiny smeshannoy valentnosti [Mixed valence binuclear platinum complexes]. *Modern high technologies*. 2007;(8):36. (In Russ.).
31. Sabounchei SJ, Shahriary P, Salehzadeh S, Gholiee Y, Chehregani A. Spectroscopic, theoretical, and antibacterial approach in the characterization of 5-methyl-5-(3-pyridyl)-2,4-imidazolidinedione ligand and of its platinum and palladium complexes. *Comptes Rendus Chimie*. 2015;18(5):564–572. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crci.2014.04.013>.
32. Gel'fman MI, Starkina NA, Salishcheva OV, Moldagulova NE. Trans-influence of a nitro group in platinum complexes. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2007;52(10):1551–1556. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0036023607100130>.

Сведения об авторах

Салищева Олеся Владимировна

канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры общей и неорганической химии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 58-38-85, e-mail: salishchevaov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1885-2060>

Просеков Александр Юрьевич

д-р. техн. наук, профессор, ректор, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (923) 502-00-22, e-mail: rector@kemsu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5630-3196>

Долганюк Вячеслав Федорович

канд. техн. наук, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-69-73, e-mail: nemesida_90@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0603-7456>

Information about the authors

Olesya V. Salishcheva

Cand.Sci.(Chem.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 58-38-85, e-mail: salishchevaov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-1885-2060>

Alexander Yu. Prosekov

Dr.Sci.(Eng.), Professor, Rector, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (923) 502-00-22, e-mail: rector@kemsu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5630-3196>

Vyacheslav F. Dolganyuk

Cand.Sci.(Eng.), Senior Lecturer, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-69-73, e-mail: nemesida_90@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-0603-7456>

Возможности метода SERVQUAL для анализа сервиса в розничной торговле

Н. А. Грязнова*, О. В. Коновалова^{ID}, Н. А. Плешкова



Дата поступления в редакцию: 11.02.2020
Дата принятия в печать: 29.05.2020

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

*e-mail: n-l.gryaznova@yandex.ru



© Н. А. Грязнова, О. В. Коновалова, Н. А. Плешкова, 2020

Аннотация.

Введение. В настоящее время основополагающим фактором успешности в розничной торговле становится уровень сервиса и разнообразие предоставляемых услуг. Для эффективного управления степенью удовлетворенности товарного обслуживания необходимо проводить анализ и оценку сервиса в розничной торговле. Возможности метода SERVQUAL позволяют качественно оценить сервис и предложить рекомендации для устранения проблем в обслуживании потребителей и формирования их лояльности по отношению к бренду.

Объекты и методы исследования. В 2018 году был проведен опрос 500 покупателей гипермаркета «Лента» в Южном районе г. Кемерово. Объектом исследования стали особенности анализа сервиса относительно обслуживания покупателей в гипермаркете «Лента» (г. Кемерово). Метод исследования – анкетирование. Анализ сервиса в розничной торговле г. Кемерово проведен методом SERVQUAL. Полученные данные о потребностях и степени их удовлетворенности различными элементами сервиса покупателей гипермаркета позволили разработать рекомендации для розничной сети.

Результаты и их обсуждение. Респондентам предлагалось ответить на вопросы анкеты, которая состояла из 3 частей: «ожидание», «восприятие», «важность». Важнейшим элементом сервиса в розничной торговле для покупателей является ассортимент, проблем с которым не наблюдается в гипермаркете «Лента». Второй важный элемент сервиса – время обслуживания. Оценка данного элемента сервиса выявила существенный разрыв в восприятии и ожидании покупателей ($Q = -1,3$). Третий элемент качественного сервиса – работа персонала в торговом зале. В гипермаркете «Лента» по всем подкритериям, которые связаны с работой персонала, наблюдался самый большой разрыв между восприятием и ожиданием потребителей.

Выводы. Благодаря использованию в исследовании всех трех частей анкеты метода SERVQUAL в гипермаркете были выявлены проблемы в организации торгового сервиса, устранение которых значимо для потребителей и для организации.

Ключевые слова. Маркетинг, сервис, маркетинговые исследования, предпочтения потребителей, розничная торговля, гипермаркет

Для цитирования: Грязнова, Н. Л. Возможности метода SERVQUAL для анализа сервиса в розничной торговле / Н. Л. Грязнова, О. В. Коновалова, Н. А. Плешкова // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 343–350. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-343-350>.

Original article

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

SERVQUAL Method in Retail Service Assessment

N.L. Gryaznova*, O.V. Konovalova^{ID}, N.A. Pleshkova

Received: February 11, 2020
Accepted: May 29, 2020

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

*e-mail: n-l.gryaznova@yandex.ru



© N.L. Gryaznova, O.V. Konovalova, N.A. Pleshkova, 2020

Abstract.

Introduction. Service quality and variety is currently the key success factor in retail trade. Retail service assessment can improve customer experience. The SERVQUAL method makes it possible to evaluate the service quality and solve the detected problems in customer service, thus securing the brand loyalty.

Study objects and methods. The present research was based on a customer service survey conducted among 500 customers of the

Lenta hypermarket in Kemerovo (Russia) in 2018. The results of the questionnaire underwent a SERVQUAL analysis. The obtained data on the customers' needs and the degree of their satisfaction with the hypermarket customer service made it possible to develop recommendations for the retail chain.

Results and discussion. The respondents answered three groups of questions: expectations, experience, and importance. The assortment of goods proved to be the most important factor, and there were no complaints in this respect regarding the Lenta retail chain. The attended time was rated second. Its assessment demonstrated a gap between the expectations and the experience ($Q = -1.3$). Retail space service also proved important; however, this aspect of service quality demonstrated the greatest gap between expectations and experience.

Conclusion. The three-part SERVQUAL questionnaire helped to reveal the problems in the organization of the shopping service. The subsequent improvement will be important for consumers and the retail chain.

Keywords. Marketing, service, marketing research, consumer preferences, retail, hypermarket

For citation: Gryaznova NL, Konovalova OV, Pleshkova NA. SERVQUAL Method in Retail Service Assessment. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):343–350. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-343-350>.

Введение

Розничная торговля не только наиболее динамичный сектор российской экономики, но и наиболее конкурентоспособный [1]. В этих условиях предприятиям необходимо уделять внимание организации торгового обслуживания. Высокое качество торгового обслуживания покупателей обеспечивает рост товарооборота, наиболее полное удовлетворение спроса покупателей и получение коммерческого успеха [2, 3]. Магазины, имеющие обширный перечень предоставляемых услуг и качественное их исполнение, получают больше внимания и, соответственно, прибыли [4]. Подобные условия диктуются однообразием в ценовой и товарной политике предоставляемой продукции [5].

Для качественного управления степенью удовлетворенности товарного обслуживания, предоставляемого магазином, специалистами на обязательной основе проводятся специализированные операции по анализу качества сервиса. Внимание покупателей и потребителей к подобному вопросу растет не без причины. Оно обусловлено изменением целевого вектора вместе с переходом от 90-х годов к 2000-ым [6].

Рост экономики государства вносит свои коррективы [7]. Изменение благосостояния среднего класса ведет к все большему разнообразию предоставляемых услуг [8, 9]. Вместе со средним классом увеличивается прожилка и зажиточных людей, что формирует пласт экономики, нуждающейся в определенных специализированных услугах. Немаловажно и влияние торгового обслуживания на продавцов, т. к. оно является действенным средством в конкурентной борьбе предприятий. Именно по этой причине все более важным для предприятия становится фактор полноценности и удобства обслуживания. Использование подобных методов позволяет существенно повысить прибыль предприятия и завоевать расположения не только постоянных потребителей, но и положительно влиять на спонтанных [10, 11].

Цель исследования – провести анализ сервиса в гипермаркете «Лента» города Кемерово.

Задачами данной работы являются:

1. Исследовать покупателей гипермаркета «Лента» (г. Кемерово);
2. Провести анализ полученной информации о предпочтениях потребителей.

Объекты и методы исследования

В 2018 году был проведен опрос 500 покупателей гипермаркета «Лента» в Южном районе г. Кемерово. Покупателям было предложено ответить на ряд вопросов анкеты. Использовалась случайная репрезентативная выборка.

Объектом исследования стали особенности анализа сервиса относительно обслуживания покупателей в гипермаркете «Лента» (г. Кемерово). Исследование проведено методом SERVQUAL для анализа сервиса в розничной торговле г. Кемерово.

Технология исследования: определить цели и задачи исследования; определить выборку и место исследования; разработка анкеты; проведение исследования; обработка и систематизирование полученных данных; сформулировать выводы в результате исследования. Результаты исследования приведены в таблицах и представлены на рисунках.

Полученные данные о потребностях и степени их удовлетворенности различными элементами сервиса покупателей гипермаркета позволили разработать рекомендации для работы розничной сети.

Результаты и их обсуждение

Торговое обслуживание является крайне многогранным понятием. Оно включает не только предоставление различных услуг для потребителя и его постоянное обслуживание, но и подразумевает воздействие, целью которого является предмет (товар), т. е. его перемещение. Это оказывает эффект как на потребителя, так и на население в целом.

Результаты анализа методов оценки качества обслуживания позволили выделить такие методы как «Таинственная покупка» и SERVQUAL, позволяющие получить наиболее объективную картину [12, 13].

Тайный покупатель – это специально обученный человек, который обращается в торговые точки и

другие компании под видом обычного клиента, но на самом деле проводит торговый аудит. Его задача – совершить покупку товара или услуги и оценить работу всего магазина по заданным критериям. Акция «тайный покупатель» позволяет провести полноценное исследование качества обслуживания и выяснить как ведет себя персонал с обычными покупателями в отсутствие руководителя.

Акция дает возможность руководителям розничной сети получить полноценную картину, отражающую все несовершенства в работе персонала магазина. С помощью нее можно увидеть как сотрудники обращаются с покупателями на всех этапах коммуникации, насколько хорошо они разбираются в предлагаемых товарах и услугах, заинтересованы ли они в удержании посетителей, соблюдаются ли определенные правила поведения, принятые компанией, и как это влияет на ее имидж. Данная информация может быть полезной при формировании системы поощрений или наказаний для сотрудников, она поможет скорректировать процесс их обучения и сгладить все несовершенства в работе. Грамотное решение таких проблем позволит привлечь новых клиентов, повысить продажи и стать конкурентоспособным.

Суть метода SERVQUAL заключается в алгоритме «ожидание – восприятие». Под ожиданием подразумевается определенный комплекс потребительских пожеланий или надежд, который в своей финальной форме формирует образ эталонного уровня обслуживания. Современные исследователи считают, что потребитель имеет в своем распоряжении всего два метода оценки качества услуг. Такие методы именуют срезами. Технический срез – выгода, полученная покупателем от совершенного действия. Функциональный срез – степень удовлетворенности уровнем сервиса или оказанной услуги [14]. Восприятие – это фактическая оценка качества оказанной услуги [15].

Стандартная методика включает 5 критериев качества: материальность, надежность, отзывчивость, уверенность и сочувствие [16]. Исследования проводятся в форме анкеты, которая формируется из двух идентичных частей, но имеющие конечным результатом либо ожидания потребителя, либо восприятие. В этой системе сервиса своеобразной единицей измерения выступает коэффициент качества (Q) [17]. Коэффициент качества Q определяется как разница рейтингов восприятия и ожидания по каждому из 16 подкритериев.

$$Q_n = P_n - E_n \quad (1)$$

где Q_n – коэффициент качества по критерию n ;

P_n – потребительское восприятие качества по критерию n ;

E_n – потребительское ожидание качества по критерию n .

Получив необходимое количество коэффициента качества можно перейти к дальнейшим расчетам, основываясь на каждом из пяти критериев. В данном случае среднее значение суммы будет рассчитываться по каждому критерию. Финальным этапом данных расчетов является глобальный коэффициент качества, являющийся средним значением суммы всех 16 коэффициентов [2].

Основное преимущество этого метода заключается в том, что в анкете может присутствовать и третья часть, в которой потребителям предлагается ранжировать критерии качества в порядке наибольшей значимости для них. Важность того или иного элемента сервиса для потребителя – это тот ориентир, который позволит направить усилия руководства на устранение наиболее узких мест в организации торгового обслуживания.

Респондентам предлагалось ответить на вопросы анкеты, которая состояла из 3 частей: «ожидание», «восприятие», «важность».

Первая часть анкеты содержит 16 вопросов с пятибалльной шкалой Лайкерта и отражает ожидания потребителей относительно торгового обслуживания. Методика, разработанная данным исследователем, заключается в исследовании респондентов путем предоставления им определенной серии утверждений, ответную реакцию на которые они должны выразить в предложенной шкале ответов [18]. Данная шкала предоставляет собой варианты ответов: «совершенно согласен» (5), «согласен» (4), «не знаю» (3), «не согласен» (2), «совершенно не согласен» (1). Однако подобный пример шкалы не является финальным и, в зависимости от конечных целей, может быть расширен дополнительными пунктами. В таком случае используется добавление наречий, таких как «абсолютно», «умеренно» или «скорее». Рассматривая примеры реальных исследований, можно заметить, что чаще всего в пользование идут расширенные формы. Наиболее популярными из них идут варианты из 5 или 7 баллов. Путем исследования потребителя с использованием данной шкалы происходит расчет уровня согласия или несогласия с определенными приведенными тезисами, т. к. конечный результат представлен интенсивностью чувств исследуемых респондентов.

Вторая часть анкеты аналогична первой. Она также содержит 16 вопросов со шкалой Лайкерта, но отражает покупательское восприятие уровня торгового обслуживания в гипермаркете. Весь процесс оценивания покупателем степени развитости сервиса основан на индивидуальных представлениях об эталоне подобного сервиса с тем, что они увидели в реальности. Покупатели испытывают удовлетворение от торгового обслуживания в гипермаркете, если действительность и желания совпадают. Если же сервис оказывается хуже, чем ожидалось, то покупательское удовлетворение

снижается или отсутствует [19, 20]. Ожидания покупателей от сервиса обслуживания в гипермаркете зависят от их знаний и опыта общения с торговцем и его конкурентами.

Третья часть отражает покупательское отношение к элементам сервиса в гипермаркете. Здесь респондентам предлагается ответить о значимости для них каждого элемента сервиса.

Одним из важных аспектов анализа является выбор элементов сервиса. Во-первых, сервис в розничной торговле имеет свои особенности. Здесь покупатель оценивает наличие навигации в торговом зале, выкладку товаров, профессионализм консультантов, длину очереди на кассе. Во-вторых, для получения объективной покупательской оценки важна точность формулировок элементов сервиса. Например, такой элемент как «работа консультантов», может включать отзывчивость, компетентность и просто наличие консультантов в торговом зале.

Этими факторами объясняется выбор семи критериев качества сервиса:

- информативность, которая характеризует качество информации о конкурентных преимуществах товара;
- организация контактной зоны;
- время обслуживания;
- наличие обратной связи;
- работа персонала;
- ассортимент;
- рациональное размещение товаров.

Выбранные критерии были в дальнейшем разбиты на шестнадцать элементов сервиса (подкритериев), оценка которых и была использована в анализе. Это полнота и достоверность информации; доступность информации; интерьер торгового

зала; чистота помещения; внешний вид персонала; время поиска товаров; время обслуживания; отзывчивость персонала; компетентность персонала; заинтересованность персонала в решении проблемы покупателя; широта и глубина ассортимента; качество товаров; срок годности товаров; постоянное местонахождение товаров; внешний вид торгового оборудования; значимость для гипермаркета мнение покупателей.

После обработки ответов респондентов в первой и второй частях анкеты, был рассчитан рейтинг потребительского ожидания качества сервиса и потребительского восприятия по каждому из шестнадцати элементов сервиса (подкритериев), а также коэффициент качества по всем элементам. Результаты представлены в таблице 1.

Отрицательное значение Q означает, что восприятие покупателей не соответствует их ожиданиям. Это отрицательная оценка сервиса. Положительное значение Q означает, что восприятие превосходит ожидания. Это положительная оценка. Таким образом, покупателей гипермаркета «Лента» полностью устраивает ассортимент магазина, расположение товаров на полках, а также использование магазином оборудования. Однако посетители гипермаркета не устраивает работа персонала.

Разрыв между восприятием и ожиданием более наглядно представлен на рисунке 1.

Таким образом, если использовать для оценки сервиса только коэффициент качества как разрыв между ожиданием и восприятием, то результатом анализа, на который следует обратить внимание руководству при совершенствовании торгового обслуживания, будет отрицательное значение

Таблица 1. Показатели качества торгового сервиса в гипермаркете «Лента»

Table 1. Quality service indicators in the Lenta hypermarket

№ п/п	Элементы сервиса	Потребительское ожидание, E_n	Потребительское восприятие, P_n	Коэффициент качества, Q_n
1	полнота и достоверность информации	4,6	3,9	-0,7
2	доступность информации	3,7	3,4	-0,3
3	интерьер торгового зала	4,5	4,1	-0,4
4	чистота помещения	4,7	3,2	-1,5
5	внешний вид персонала	4,5	3,4	-1,1
6	время поиска товаров	4,3	3,0	-1,3
7	время обслуживания	4,3	3,0	-1,3
8	отзывчивость персонала	4,4	2,7	-1,7
9	компетентность персонала	4,7	2,6	-2,1
10	заинтересованность персонала	4,7	2,9	-1,8
11	широта и глубина ассортимента	4,4	4,7	0,3
12	качество товаров	4,8	4,4	-0,4
13	срок годности товаров	4,5	4,2	-0,3
14	постоянное местонахождение товаров	4,1	4,3	0,2
15	внешний вид торгового оборудования	3,9	4,3	0,4
16	значимость мнения покупателей	3,9	3,2	-0,7

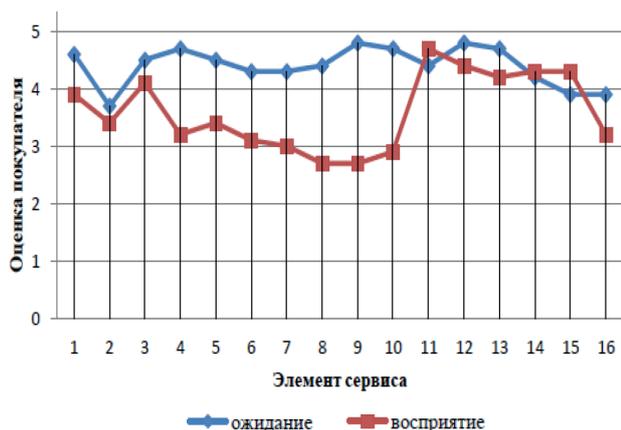


Рисунок 1. Потребительское ожидание и восприятие качества сервиса

Figure 2. Consumers' expectations and experience

коэффициента качества. Из шестнадцати элементов сервиса отрицательный коэффициент качества имеют тринадцать элементов.

Но все ли они одинаково значимы для потребителя? Ответ на этот вопрос дает третья часть анкеты. Результаты ответов отражены на рисунке 2.

Согласно рисунку 2 важнейшим элементом сервиса для покупателей является ассортимент. Согласно данным таблицы 1 проблем с ассортиментом в гипермаркете нет. Вторым по важности элементом сервиса является время обслуживания. Оценка данного элемента сервиса выявила существенный разрыв в восприятии и ожидании покупателей ($Q = -1,3$), т. е. на этот критерий следует обратить внимание. Третьим важным элементом сервиса

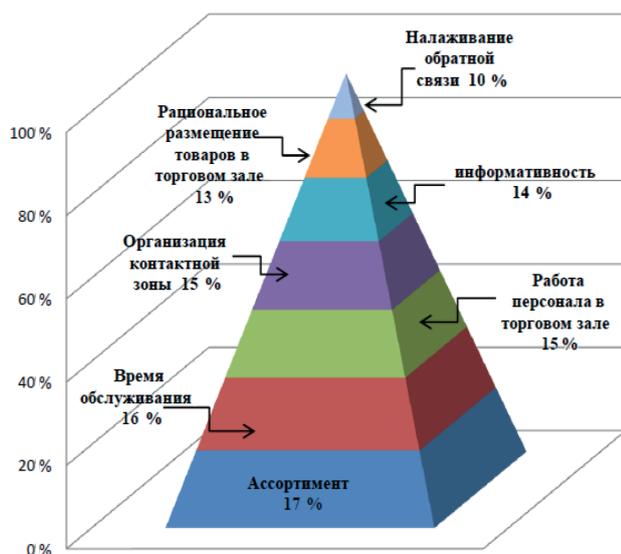


Рисунок 2. Значимость для потребителей элементов сервиса

Figure 2. Service elements according to their importance for consumers

является работа персонала в торговом зале. В таблице 1 по всем подкритериям этого критерия наблюдается самый большой разрыв между восприятием и ожиданием. Следовательно, получаем самый низкий коэффициент качества. На этот критерий также следует обратить внимание при принятии решения о совершенствовании торгового обслуживания.

Выводы

Была проведена оценка и анализ качества сервиса в гипермаркете «Лента» с использованием метода SERVQUAL. В результате опроса были получены и систематизированы данные о потребностях и степени их удовлетворенности различными элементами сервиса покупателей гипермаркета. В качестве особенности применения данного метода для сферы розничной торговли обоснована необходимость изучения степени важности каждого элемента для покупателей. Благодаря использованию в исследовании всех трех частей анкеты метода SERVQUAL в гипермаркете были выявлены проблемы в организации торгового сервиса, устранение которых значимо для потребителей, а значит и для организации.

Удовлетворение покупателей является важнейшим фактором при обслуживании в гипермаркете. В связи с этим многие виды деятельности нацелены на поощрение покупателей к совершению покупок в розничной торговле. Первоначальной задачей в процессе формирования маркетинговой программы является разработка и воплощение в жизнь должного уровня благоприятного настроя и создания определенной среды, нацеленной на увеличение продаж. В таких условиях происходит наибольшее количество покупок.

Также стоит отметить своеобразное отношение потребителей к распродажам. Ажиотаж, формирующийся в умах покупателей, обусловлен множеством факторов. Например, ограниченностью продукции или кратковременностью проведения данных мероприятий. Немаловажным фактором является и то, что сами распродажи проводятся не так часто, как того желает потребитель. Таким образом, у потребителей формируется образ распродажи как определенного события, которое обязательно необходимо посетить. Совершая на распродаже покупки, покупатели получают как финансовую, так и эмоциональную выгоду. Поэтому отношение к обслуживанию может меняться в зависимости от реальной экономии и полезности покупки.

Специалисты по маркетингу выделяют следующие качества, необходимые для продавца: умение общаться с клиентами, найти нестандартное решение, уверенность, способность к аналитическому мышлению, творческий подход, искусство убеждать и доброжелательность. Покупатели отрицательно

относятся к длинным очередям, небрежно и мелко написанным ценникам, неудобным прилавкам. Между покупателями и продавцами должны устанавливаться хорошие, дружественные отношения. Они способствуют сохранению старых клиентов и привлечению новых. Задача продавца – определить характер поведения покупателя, сориентироваться и принять адекватные меры.

Повышение качества торгового обслуживания является важнейшим стратегическим направлением развития розничной торговли, обеспечивающим конкурентное преимущество. Каждая предоставленная услуга должна увеличивать ценность розничной операции.

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 interests regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Попова, И. Н. Методика определения интегрального показателя конкурентоспособности розничных торговых сетей / И. Н. Попова, М. В. Зинцова // Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т. 7, № 1 (26). – С. 33. DOI: <https://doi.org/10.15862/01EVEN115>.
2. Зырянов, А. В. Современные тенденции размещения розничных торговых предприятий в российских городах: негативизм и возможности / А. В. Зырянов // Вестник Удмуртского университета. Серия экономика и право. – 2011. – № 4. – С. 25–36.
3. Тямусев, Д. И. Методические подходы формирования системы управленческого учета и контроля в организациях розничной торговли / Д. И. Тямусев // Балтийский гуманитарный журнал. – 2014. – Т. 7, № 2. – С. 80–82.
4. Князькин, А. С. Методические аспекты оценки эффективности мероприятий по стимулированию продаж на предприятии / А. С. Князькин, Ю. Э. Аппанова // Экономика и управление: новые вызовы и перспективы. – 2015. – № 8. – С. 72–74.
5. Ашихмина, М. А. Анализ действующих нормативных документов по качеству услуг розничной торговли / М. А. Ашихмина // Системное управление. – 2013. – Т. 21, № 4. – С. 3.
6. Панюкова, В. В. Интернационализация розничной торговли как фактор развития торгового маркетинга в России / В. В. Панюкова // Управленческие науки в современной России. – 2014. – Т. 2, № 2. – С. 74–78.
7. Салихова, Р. Р. Влияние государственной политики на формирование конкурентоспособности розничной торговли в России / Р. Р. Салихова // Актуальные проблемы экономики и права. – 2015. – Т. 34, № 2. – С. 92–101.
8. Савинов, Л. И. Теоретические подходы к содержанию понятия «услуга» / Л. И. Савинов, Е. Н. Рябова // Сервис PLUS. – 2010. – № 3. – С. 14–19.
9. Черненко, В. А. Теоретические основы исследования сферы сервиса и сферы услуг / В. А. Черненко // Инновации. – 2009. – Т. 127, № 5. – С. 18–21.
10. Родригез, М. Навстречу будущему потребительскому опыту: тренды и инновации в розничной торговле / М. Родригез, Ф. Паредес, Г. Йи // Форсайт. – 2016. – Т. 10, № 3. – С. 18–28. DOI: <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.3.18.28>.
11. Ramanan, J. Trends in retail / J. Ramanan, K. Ramanakumar // International Journal of Business and Management Invention. – 2014. – Vol. 3, № 1. – P. 31–34.
12. Кирилловых, Е. О. Стандарты обслуживания клиентов в розничной торговле / Е. О. Кирилловых, Н. С. Юрлова // Вестник НГИЭИ. – 2014. – Т. 42, № 11. – С. 52–54.
13. Шадрин, В. Г. Характеристика методов оценки сервиса в банковской сфере / В. Г. Шадрин, М. А. Шемчук, Т. И. Хмелевская // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – Т. 47, № 5–1. – С. 186–187. DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.47.275>.
14. Klaus, P. Towards a better measure of customer experience / P. Klaus, S. Maklan // International Journal of Market Research. – 2013. – Vol. 55, № 2. – P. 227–246. DOI: <https://doi.org/10.2501/IJMR-2013-021>.
15. Акифьева, Л. В. Оценка конкурентоспособности продовольственных ритейлов / Л. В. Акифьева, Н. В. Проваленова, А. А. Кутаев // Вестник НГИЭИ. – 2016. – Т. 62, № 7. – С. 7–13.
16. Трусова, С. В. Современные подходы к оценке качества торгового обслуживания на предприятиях розничной торговли / С. В. Трусова // Сегодня и завтра российской экономики. – 2009. – № 27. – С. 142–148.
17. Шадрин, В. Г. Применение метода SERVQUAL для анализа и совершенствования сервисной политики (на примере ОАО «Ростелеком», г. Кемерово) / В. Г. Шадрин, А. В. Гнеушев // Маркетинг в России и за рубежом. – 2013. – № 4. – С. 3–17.

18. Уланов, А. Ю. Измерение лояльности клиентов и анализ результатов Net Promoter Score / А. Ю. Уланов // Клиентинг и управление клиентским портфелем. – 2013. – № 3. – С. 198–206.

19. Белецкий, М. Д. Основные направления по обеспечению конкурентоспособности услуг, оказываемых предприятиями розничной торговли г. Москвы / М. Д. Белецкий // Научно-методический электронный журнал Концепт. – 2015. – № 6. – С. 106–110.

20. Патахова, М. А. Совершенствование бизнес модели обслуживания покупателей в торговых комплексах / М. А. Патахова, Э. Р. Магомаева, М. М. Амирова // Экономика и предпринимательство. – 2018. – Т. 101, № 12. – С. 670–673.

References

1. Popova IN, Zintsova MV. A method for the determination of the integral competitiveness index of retail chains. *Internet-zhurnal Naukovedenie [Science Studies: On-line Journal]*. 2015;7(1)(26):33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15862/01EVN115>.

2. Zyrianov AV. Modern trends of distribution of retail enterprises in Russian towns: negativism and opportunities. *Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law*. 2011;(4):25–36. (In Russ.).

3. Tyamusev DI. Methodical approaches of formation of system of management accounting and control in the organizations of retail trade. *Baltic Humanitarian Journal*. 2014;7(2):80–82. (In Russ.).

4. Knyaz'kin AS, Appanova YuEh. Metodicheskie aspekty otsenki ehffektivnosti meropriyatiy po stimulirovaniyu prodazh na predpriyatii [Methodological aspects of evaluating the effectiveness of measures to stimulate sales in the enterprise]. *Economics and Management. New Challenges and Perspectives*. 2015;(8):72–74. (In Russ.).

5. Ashikhmina MA. Analysis of the existing normative documents on quality of service of retail trade. *Sistemnoe upravlenie [System management]*. 2013;21(4):3. (In Russ.).

6. Panyukova VV. Internatsionalizatsiya roznichnoy trgovli kak faktor razvitiya trgovogo marketinga v Rossii [Internationalization of retail trade as a factor in the development of trade marketing in Russia]. *Upravlencheskie nauki v sovremennoy Rossii [Management Sciences in Modern Russia]*. 2014;2(2):74–78. (In Russ.).

7. Salikhova RR. Impact of state policy on forming the competitiveness of retail trade in Russia. *Actual Problems of Economics and Law*. 2015;34(2):92–101. (In Russ.).

8. Savinov LI, Ryabova EN. Theoretical approaches to the concept of service. *Service PLUS*. 2010;(3):14–19. (In Russ.).

9. Chernenko VA. The theoretical basis of the study the scope of services and service. *Innovations*. 2009;127(5):18–21. (In Russ.).

10. Rodriguez M, Paredes F, Yi G. Towards future customer experience: trends and innovation in retail. *Foresight and STI Governance*. 2016;10(3):18–28. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.3.18.28>.

11. Ramanan J, Ramanakumar K. Trends in retail. *International Journal of Business and Management Invention*. 2014;3(1):31–34.

12. Kirillovykh EO, Yurlova NS. Standards of customer service in the retail trade. *Bulletin NGIEI*. 2014;42(11):52–54. (In Russ.).

13. Shadrin VG, Shemchuk MA, Khmelevskaya TI. Feature evaluation methods of service in the banking sector. *International Research Journal*. 2016;47(5–1):186–187. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18454/IRJ.2016.47.275>.

14. Klaus P, Maklan S. Towards a better measure of customer experience. *International Journal of Market Research*. 2013;55(2):227–246. DOI: <https://doi.org/10.2501/IJMR-2013-021>.

15. Akif'eva LV, Provalenova NV, Kutaev AA. Assessment of the competitiveness food retailers. *Bulletin NGIEI*. 2016;62(7):7–13. (In Russ.).

16. Trusova SV. Sovremennye podkhody k otsenke kachestva trgovogo obsluzhivaniya na predpriyatiyakh roznichnoy trgovli [Modern approaches to assessing the quality of trade services at retail enterprises]. *Today and Tomorrow of Russian Economy*. 2009;(27):142–147. (In Russ.).

17. Shadrin VG, Gneushev AV. Application of method SERVQUAL for the analysis and improving the service policy (on an example of open society “Rostelecom”, Kemerovo). *Marketing in Russia and Abroad*. 2013;(4):3–17. (In Russ.).

18. Ulanov AYU. Izmerenie loy'al'nosti klientov i analiz rezul'tatov Net Promoter Score [Assessment of customer loyalty and the Net Promoter Score analysis]. *Klienting i upravlenie klientskim portfelem [Clienting and client portfolio management]*. 2013;(3):198–206. (In Russ.).

19. Beletsky MD. Main directions for ensuring competitiveness of the services provided by retailers in Moscow. *Koncept*. 2015;(6):106–110. (In Russ.).

20. Patakhova MA, Magomayeva ER, Amirova MM. Improving the business model of customer service in shopping malls. *Journal of Economy and entrepreneurship*. 2018;101(12):670–673. (In Russ.).

Сведения об авторах

Грязнова Наталья Леонидовна

канд. экон. наук, доцент кафедры менеджмента им. И. П. Поварича, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (905) 919-96-80, e-mail: n-l.gryaznova@yandex.ru

Коновалова Ольга Викторовна

канд. техн. наук, доцент кафедры маркетинга и бизнес-коммуникации, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (905) 069-74-67, e-mail: olga02117878@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4193-9885>

Плешкова Наталья Анатольевна

канд. техн. наук, доцент кафедры менеджмента им. И. П. Поварича, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (903) 942-77-77, e-mail: aquaphorkuz@mail.ru

Information about the authors

Natalia L. Griaznova

Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor of the Department of Management named after I.P. Povarich, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (905) 919-96-80, e-mail: n-l.gryaznova@yandex.ru

Olga V. Konovalova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Marketing and Business Communications, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (905) 069-74-67, e-mail: olga02117878@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4193-9885>

Natalia A. Pleshkova

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Management named after I.P. Povarich, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (903) 942-77-77, e-mail: aquaphorkuz@mail.ru

Разработка технологии получения соево-тыквенных десертов функционального назначения

Е. С. Стаценко^{1,*}, О. В. Литвиненко¹, Н. Ю. Корнева¹,
М. А. Штарберг², Е. А. Бородин²



¹ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои»,
675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатъевское шоссе, 19

² ФГБОУ ВО «Амурская государственная медицинская академия»
Министерства здравоохранения Российской Федерации,
675006, Россия, г. Благовещенск, ул. Горького, 95

Дата поступления в редакцию: 28.05.2020

Дата принятия в печать: 26.06.2020

*e-mail: ses@vniisoi.ru



© Е. С. Стаценко, О. В. Литвиненко, Н. Ю. Корнева, М. А. Штарберг, Е. А. Бородин, 2020

Аннотация.

Введение. Расширение производства отечественных продуктов питания с учетом региональных особенностей рынка позволит расширить ассортимент функциональных пищевых продуктов. Целью исследований являлась разработка технологии получения соево-тыквенных десертов, богатых витаминами и антиоксидантами.

Объекты и методы исследования. В работе использована соя сорта «Юрна» и тыква сорта «Надежда». Для получения соево-тыквенных десертов замоченное соевое зерно смешивали с измельченной тыквой и питьевой водой, полученную массу нагревали и выдерживали при температуре 100 °С в течение 30 мин с одновременным измельчением и экстракцией растворимых сухих веществ. Фильтрованием отделяли соево-тыквенную жидкую фракцию. В жидкую фракцию с температурой 75–80 °С вносили 2,5 % водный раствор аскорбиновой кислоты для коагуляции белковых и других веществ. Соево-тыквенный коагулят влажностью $75,0 \pm 1$ % смешивали с сиропом облепихи, гомогенизировали, получая десерт «Надежда+». Желирующий раствор смешивали с соево-тыквенным коагулятом, сиропом облепихи и гомогенизировали, получая десерт «Нежный».

Результаты и их обсуждение. С помощью экспертного метода определены наиболее весомые показатели органолептической оценки десертов – вкус и консистенция. С помощью органолептической оценки обоснована оптимальная продолжительность гомогенизации смеси компонентов, которая составила для десерта «Надежда+» – 60 с, десерта «Нежный» – 90 с. Разработанные десерты содержат белок (5,75 и 4,70 г/100 г), фосфатиды (334 и 102 мг/100 г), β-каротин (2,86 и 1,62 мг/100 г), витамины Е (28,60 и 16,00 мг/100 г) и С (35,10 и 10,60 мг/100 г).

Выводы. В одной порции разработанных десертов (100 г) содержание β-каротина, витамина Е, а также витамина С в десерте «Надежда+» составило более 15 % от суточной физиологической потребности организма человека. Это позволяет отнести разработанные десерты к натуральным функциональным пищевым продуктам.

Ключевые слова. Соя, тыква, десерт, белок, витамины, антиоксиданты, фосфатиды, органолептическая оценка, пищевая ценность, функциональные продукты

Для цитирования: Разработка технологии получения соево-тыквенных десертов функционального назначения / Е. С. Стаценко, О. В. Литвиненко, Н. Ю. Корнева [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 351–360. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-351-360>.

Original article

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

New Technology for Functional Dessert Production Based on Soy and Pumpkin

E.S. Statsenko^{1,*}, O.V. Litvinenko¹, N.Yu. Korneva¹,
M.A. Shtarberg², E.A. Borodin²

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Soybean,
19, Ignat'evskoe shosse, Blagoveshchensk, 675027, Russia

² Amur State Medical Academy of the Ministry of Healthcare
of the Russian Federation,

Received: May 28, 2020
Accepted: June 26, 2020

95, Gorky Str., Blagoveshchensk, 675006, Russia

*e-mail: ses@uniisoi.ru



© E.S. Statsenko, O.V. Litvinenko, N.Yu. Korneva, M.A. Shtarberg, E.A. Borodin, 2020

Abstract.

Introduction. Domestic food production based on the regional market characteristics can expand the range of functional foods. The research objective was to develop a new technology for desserts based on soy and pumpkin.

Study objects and methods. The research featured soybeans of the “Yurna” variety and pumpkin of the “Nadezhda” variety. Soaked soybeans were mixed with mashed pumpkin and drinking water. The mass was heated and kept at 100°C for 30 min with simultaneous grinding and extraction of soluble dry matter. The soy and pumpkin liquid fraction was separated by filtration. A 2.5% aqueous solution of ascorbic acid was added to the liquid fraction at 75–80°C to coagulate protein and other substances. The soy and pumpkin coagulate had a moisture content of $75.0 \pm 1\%$. It was mixed with sea buckthorn syrup and homogenized. The finished product was called “Nadezhda+”. The “Nezhnyi” dessert consisted of gelling solution mixed with soy and pumpkin coagulate and sea buckthorn syrup, after which the mass was homogenized.

Results and discussion. The expert assessment helped to identify the most significant indicators of the sensory evaluation of the desserts, namely taste and consistency. The sensory evaluation also made it possible to define the optimal homogenization time for the mix: 60 s for “Nadezhda+” and 90 s for “Nezhnyi”. The developed desserts contained protein (5.75 and 4.70 g/100 g), phosphatides (334 and 102 mg/100 g), β -carotene (2.86 and 1.62 mg/100 g), vitamin E (28.60 and 16.00 mg/100 g) and vitamin C (35.10 and 10.60 mg/100 g), respectively.

Conclusion. The content of β -carotene and vitamin E exceeded 15 % of the daily intake in one portion (100 g) of the desserts, as well as vitamin C in “Nadezhda+”. According with State Standard R 52349-2005, the new desserts could be referred to functional foods.

Keywords. Soybean, pumpkin, dessert, protein, vitamins, antioxidants, phosphatides, organoleptic evaluation, nutritive value, functional products

For citation: Statsenko ES, Litvinenko OV, Korneva NYu, Shtarberg MA, Borodin EA. New Technology for Functional Dessert Production Based on Soy and Pumpkin. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):351–360. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-351-360>.

Введение

Необходимость расширения ассортимента функциональных пищевых продуктов, изучения их качества и эффективности использования в лечебно-профилактическом питании обусловлена проблемами здоровья населения [1–3]. Эту проблему можно решить за счет расширения производства отечественной продукции с учетом региональных особенностей рынка.

Для производства функциональных пищевых продуктов в качестве сырья используют сою. Она богата белком, полиненасыщенными жирными кислотами, изофлавоноидами, пищевыми волокнами и другими физиологически ценными веществами для организма человека [4–6]. Соя имеет высокое содержание фосфатидов (генистеин, дайдзеин и др.) и витаминов выраженного антиоксидантного действия. Изофлавоны бобовых, особенно сои, помимо антиоксидантных свойств, обладают гипополипидемическими, антиатерогенными, антиагрегантными и эстрогеноподобными свойствами, а также играют важную роль в профилактике многих заболеваний. β -каротин и витамины E и C, находящиеся в клеточных мембранах и во внеклеточной жидкости организма, защищают организм от окислительного стресса [7]. Применение сои в многокомпонентных продуктах питания (напитки, коктейли, десерты, муссы, пудинги и др.) с использованием растительных компонентов в

качестве дополнительных источников природных биологически активных веществ – эффективный путь современного производства высококачественных пищевых продуктов из сои с выраженной профилактической направленностью. Улучшить функциональность продуктов из сои можно за счет введения дополнительных компонентов – овощей, фруктов, ягод и др. [8–10]. Перспективным сырьем при создании функциональных продуктов питания является тыква. Пищевая ценность плодов тыквы заключается в богатом содержании углеводов, пектина, органических кислот, каротина, аскорбиновой кислоты, железа, витаминов группы B, солей калия, фосфора, кальция, магния и других веществ [11].

Цель исследований – разработка технологии получения десертов с использованием сои и тыквы, богатых витаминами и антиоксидантами.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в рамках программы «Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития Дальневосточного отделения ДВО РАН».

Объектами исследований являлись: соево-тыквенные десерты, полученные из сои сорта «Юрна» селекции Всероссийского НИИ сои, тыквы сорта «Надежда» селекции ДВ НИИСХ и воды питьевой (ГОСТ Р 51232-98); сироп из облепихи с

сахаром, полученный из облепихи замороженной (ГОСТ 29187-91) и сахара белого (ГОСТ 33222-2015); желеобразующий раствор, полученный с использованием желатина (ГОСТ 11293-89) [12, 13].

Исследование образцов полученных соево-тыквенных десертов и оценку результатов проводили с применением общепринятых методов. Оценку качества проводили в соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011. Содержание влаги в продуктах определяли методом высушивания до постоянной массы по ГОСТ Р 54668-2011. Определение содержания общей золы осуществляли сжиганием и озолением навески в муфельной печи по ГОСТ Р 54607.10-2017. Массовую долю белка устанавливали методом измерения массовой доли общего азота по Кьельдалю по ГОСТ 26889-86; жира – методом настаивания с растворителем по ГОСТ 29033-91. Содержание фосфолипидов определяли по неорганическому фосфору [14, 15]. Содержание витамина Е выявляли по цветной реакции с ионами Fe^{3+} и дипиридиллом; витамина С – по ГОСТ 24556-89 [16]. Определение содержания β -каротина проводили спектрофотометрическим методом [14, 15]. Энергетическую ценность продуктов устанавливали с помощью калорических коэффициентов. Степень удовлетворения физиологической потребности в β -каротине, витаминах С и Е определяли с помощью методических рекомендаций МР 2.3.1.24.32-08¹. Трипсинингибирующую активность устанавливали казеиновым методом [17]. Определение микробиологических показателей проводили по ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 26669-85, ГОСТ 31747-2012. Массовую долю ртути определяли согласно МУ 5178-9; свинца и кадмия – по ГОСТ 30178, мышьяка – по ГОСТ 26930. Содержание гексахлорциклогексана (α -, β -, γ -изомеров) устанавливали по МУ 2142-80; ДДТ и его метаболитов (ДДЭ, ДДД) – по ГОСТ 13496.20.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы Microsoft Office Excel. Повторность опытов – четырехкратная [18].

Органолептический анализ соево-тыквенных десертов проводили в соответствии с 5-балльной шкалой оценки показателей качества (внешний вид, консистенция, цвет, запах и вкус) по ГОСТ 31986-2012 и ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011. Для установления рецептур десертов с лучшими органолептическими показателями был применен экспертный метод определения параметров весомости – ранжирование (ГОСТ 15467-79). Качество изучаемых соево-тыквенных десертов выражали через комплексный показатель качества. Для этого экспертной группой в составе пяти человек были определены

¹ МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 36 с.

коэффициенты весомости наиболее значимых показателей: внешний вид, цвет, консистенция, запах и вкус. Каждый эксперт производил ранжирование весомости показателей в порядке их предпочтения. Для установления коэффициентов весомости был использован ряд чисел от 1 до 5. Маловажному показателю присваивался номер 1, следующему по важности – 2 и т. д. [19].

Коэффициенты весомости (m_i) соево-тыквенных десертов определяли по формуле:

$$m_i = \frac{\sum_{i=1}^r M_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r M_{ij}} \quad (1)$$

где $\sum_{j=1}^r M_{ij}$ – сумма рангов каждого показателя;
 $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r M_{ij}$ – сумма рангов всех показателей.

Используя результаты комплексной органолептической оценки соево-тыквенных десертов и значения коэффициентов весомости, комплексный показатель качества рассчитывали по формуле:

$$U = \sum_{i=1}^n m_i \times q_i$$

где m_i – коэффициент весомости каждого показателя;
 q_i – относительный показатель качества.

Для получения соево-тыквенных десертов соевое зерно инспектировали, промывали и замачивали в воде температурой 18–20 °С в течение 10–12 ч. Тыкву после тщательной мойки очищали от кожуры, освобождали от семенного гнезда и резали на кубики с размером граней 10 мм. Набухшее соевое зерно освобождали от воды фильтрованием и смешивали с измельченной тыквой и рецептурным количеством питьевой воды температурой 18–20 °С (табл. 1, 2).

Полученную массу нагревали и выдерживали при температуре 100 °С в течение 30 мин с одновременным измельчением и экстракцией растворимых сухих веществ. Фильтрованием отделяли соево-тыквенную жидкую фракцию от твердой фракции (соево-тыквенная окара). В полученную жидкую фракцию с температурой 75–80 °С вносили 2,5 % водный раствор аскорбиновой кислоты для коагуляции белковых и других веществ. После чего

Таблица 1. Норма расхода, потери и отходы сырья при получении соево-тыквенной жидкой фракции (на 100 кг)

Table 1. Consumption rate, loss, and waste of raw materials during the stage of soy and pumpkin liquid fraction production (per 100 kg)

Показатели	Числовые значения
Норма расхода сырья, кг:	
вода питьевая	91,81
соя	4,19
тыква	15,14
Соя после замачивания, %	252,80
Потери и отходы при очистке и резке тыквы, %	30,00
Потери общей массы при тепловой обработке	2,97

Таблица 2. Рецептура соево-тыквенной жидкой фракции (кг/100 кг)

Table 2. Formulation of soy and pumpkin liquid fraction (kg/100 kg)

Показатели	Числовые значения
Компоненты:	
соя замоченная	10,60
тыква резаная	10,60
вода питьевая	91,91
Всего	113,11
Масса после тепловой обработки	109,75
Выход жидкой фракции	100,00

смесь отжимали, доводя коагулят до влажности $75,0 \pm 1\%$, отделяя сыворотку.

Бланшированную тыкву получали путем обработки острым паром в течение 2–3 мин предварительно подготовленного и измельченного на кубики (с размером граней 10 мм) сырья.

Для приготовления сиропа облепихи замороженную ягоду выдерживали в течение 2–3 ч при температуре 22 °С. Затем отжимали сок, отделяя жмых, фильтровали через тканевый фильтр, смешивали с сахаром в соотношении 1:1 и нагревали до кипения, непрерывно перемешивая. Полученный сироп охлаждали. Содержание сахарозы в сиропе облепихи составило 54,8 %. Соево-тыквенный коагулят смешивали с сиропом облепихи, перемешивали и гомогенизировали блендером (мощность 600 Вт) в течение 60 с, получая десерт «Надежда+».

Его фасовали в полимерные контейнеры с крышкой (ГОСТ 33756-2016) массой 100 г и охлаждали до температуры 4 ± 2 °С.

Желирующий раствор при получении десерта «Нежный» готовили путем смешивания желатина пищевого порошкообразного (ГОСТ 11293-89) и соево-тыквенной жидкой фракции (50 г желатина на 1000 мл жидкости). Раствор настаивали в течение 30–40 мин, затем нагревали в течение 5 мин при температуре 85–90 °С при непрерывном помешивании до полного растворения желатина и смешивали с соево-тыквенной жидкой фракцией в соотношении 1:2. Полученный желирующий раствор смешивали с соево-тыквенным коагулятом, сиропом облепихи, перемешивали и гомогенизировали блендером (мощность 600 Вт) в течение 90 с, получая десерт «Нежный». Десерт фасовали в полимерные контейнеры с крышкой (ГОСТ 33756-2016) массой 100 г и охлаждали до температуры 4 ± 2 °С.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведения исследований были разработаны 10 рецептов десертов с различным содержанием соево-тыквенного коагулята, соево-тыквенной жидкой основы, сахара и других натуральных добавок (табл. 3).

Для установления рецептов десертов с лучшими органолептическими показателями использовали экспертный метод определения параметров весомости – ранжирование (табл. 4).

Таблица 3. Рецептура соево-тыквенных десертов (кг/100 кг)

Table 3. Soy and pumpkin dessert formulations (kg/100 kg)

Компоненты	Номер рецептуры									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Соево-тыквенный коагулят	77,0	–	–	–	92,0	–	–	15,0	20,0	46,0
Соево-тыквенная жидкая фракция	15,0	–	–	–	–	–	–	–	–	46,0
Сироп облепихи с сахаром	8,0	10,0	–	–	8,0	8,0	6,0	5,0	8,0	8,0
Желирующий раствор соево-тыквенный	–	70,0	75,0	95,3	–	92,0	94,0	80,0	72,0	–
Тыква бланшированная	–	20,0	25,0	–	–	–	–	–	–	–
Сахар	–	–	–	4,7	–	–	–	–	–	–
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 4. Ранжирование весомости показателей органолептической оценки соево-тыквенных десертов

Table 4. Sensory evaluation of the soy and pumpkin dessert: significance of indicators

Эксперты	Внешний вид	Цвет	Консистенция	Запах	Вкус	Сумма рангов каждого показателя
1	3	2	5	1	4	15
2	4	1	3	2	5	15
3	3	2	5	1	4	15
4	3	2	4	1	5	15
5	2	3	4	1	5	15
Сумма рангов каждого показателя $\sum_{j=1}^r M_{ij}$	15	10	21	6	23	$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r M_{ij} = 75$

Таблица 5. Органолептическая оценка соево-тыквенных десертов, балл

Table 5. Sensory evaluation of the soy and pumpkin desserts, score

Номер рецептуры	Внешний вид	Цвет	Консистенция	Запах	Вкус	Итого
1	4,7	5,0	4,8	5,0	4,5	24,0
2	5,0	4,0	5,0	5,0	4,0	23,0
3	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	23,0
4	5,0	5,0	5,0	4,0	3,0	22,0
5	5,0	5,0	4,8	5,0	4,7	24,5
6	4,5	5,0	4,0	4,7	4,5	22,7
7	4,5	5,0	4,0	4,7	4,6	22,8
8	4,5	5,0	4,0	4,5	4,5	22,5
9	4,8	5,0	5,0	4,9	4,8	24,5
10	4,5	5,0	4,0	4,5	4,5	22,5
Диапазон варьирования	0,5	1,0	1,0	1,0	1,8	2,5

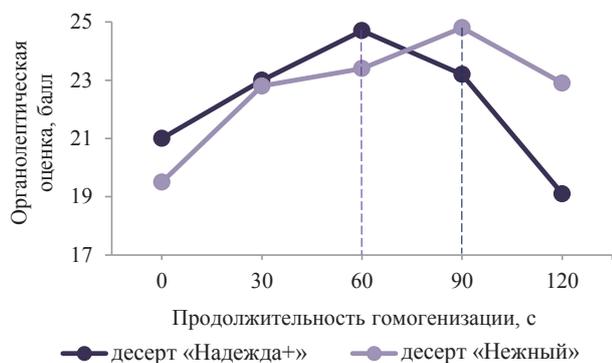


Рисунок 1. Влияние продолжительности гомогенизации массы на органолептическую оценку соево-тыквенных десертов

Figure 1. Effect of homogenization time on the sensory evaluation of the soy and pumpkin desserts

Согласно данным таблицы 4 наиболее весомыми показателями органолептической оценки для соево-тыквенных десертов являлись вкус и консистенция (сумма рангов – 23 и 21 соответственно). Менее значимы – внешний вид, цвет и запах.

Определили коэффициенты весомости (m_i) соево-тыквенных десертов по формуле (1): вкус – $m_1 = 23:75 = 0,31$; консистенция – $m_2 = 21:75 = 0,28$; внешний вид – $m_3 = 15:75 = 0,2$; цвет – $m_4 = 10:75 = 0,13$; запах – $m_5 = 6:75 = 0,08$.

Результаты органолептической оценки 10 образцов соево-тыквенных десертов представлены в таблице 5.

Лучшая органолептическая оценка и комплексный показатель качества соево-тыквенных десертов отмечен у образцов с номерами рецептур 5 и 9. Им присвоены наименования «Надежда+» и «Нежный» соответственно. Десерты под номерами 1–4, 6–8 и 10

Таблица 6. Характеристика органолептических показателей соево-тыквенных десертов

Table 6. Sensory indicators of the soy and pumpkin desserts

Показатель	Характеристика	
	десерт «Надежда+»	десерт «Нежный»
Внешний вид	Однородная мелко-дисперсная масса	Однородная, слегка воздушная масса
Консистенция	Густая, пастообразная, творожистая масса	Нежная, желеобразная масса
Цвет	Желтый с оранжевым оттенком	
Запах	Приятный, свойственный компонентам рецептуры	
Вкус	Приятный, сладковатый, гармоничный, свойственный компонентам рецептуры	



Рисунок 2. Десерт соево-тыквенный «Надежда+»

Figure 2. Soy and pumpkin dessert “Nadezhda+”



Рисунок 3. Десерт соево-тыквенный «Нежный»

Figure 3. Soy and pumpkin dessert “Nezhniy”

не получили наивысшую органолептическую оценку, т. к. не имели выраженного гармоничного вкуса. Также у них наблюдается излишне жидкая или густая консистенция.

Используя результаты органолептической оценки соево-тыквенных десертов и значения коэффициентов весомости, рассчитали комплексный показатель качества по формуле (2): $U_1 = 4,7$; $U_2 = 4,6$;

Таблица 7. Пищевая и энергетическая ценность соево-тыквенных десертов, на 100 г ($M \pm \Delta$ при $P = 0,95$)

Table 7. Nutrition and energy value of the soyb and pumpkin desserts, per 100 g ($M \pm \Delta$ at $P = 0.95$)

Показатель	Десерт «Надежда+»	Десерт «Нежный»	Норма физиологической потребности
Вода, г	79,30 ± 2,75	85,00 ± 3,12	–
Белок (растительный), г	5,75 ± 0,22	4,70 ± 0,18	29,00–58,50
Жир, г	5,85 ± 0,23	2,57 ± 0,15	60,00–154,00
Фосфатиды, мг	334,00 ± 18,36	102,00 ± 3,67	5000–7000
Углеводы, г	8,70 ± 0,37	7,13 ± 0,28	257–586
Зола, г	0,40 ± 0,02	0,60 ± 0,02	–
β-каротин, мг	2,86 ± 0,11	1,62 ± 0,07	5
Витамин Е, мг	28,60 ± 5,78	16,00 ± 5,74	15
Витамин С, мг	35,08 ± 2,00	10,63 ± 0,55	90
Энергетическая ценность, ккал	110,45	70,45	1800–4200

$U_3 = 4,4$; $U_4 = 4,3$; $U_5 = 4,9$; $U_6 = 4,4$; $U_7 = 4,5$; $U_8 = 4,4$; $U_9 = 4,9$; $U_{10} = 4,4$.

С помощью органолептической оценки установлено, что при получении десерта «Надежда+» оптимальной является продолжительность гомогенизации смеси 60 с. Гомогенизация менее 60 с не способствует получению однородной массы. При гомогенизации более 60 с продукт становится излишне гомогенным, что не соответствует желаемой пастообразной творожистой консистенции.

Оптимальной для десерта «Нежный» является продолжительность гомогенизации массы 90 с. Гомогенизация менее 90 с не дает достаточно мелко измельченную и нежную массу, а более 90 с – продукт становится излишне наполненным воздухом (рис. 1).

Характеристика органолептических показателей полученных образцов соево-тыквенных десертов представлена в таблице 6.

На рисунках 2 и 3 представлены фотографии полученных образцов соево-тыквенных десертов.

В процессе исследований были получены результаты пищевой и энергетической ценности соево-тыквенных десертов, а также приведена норма

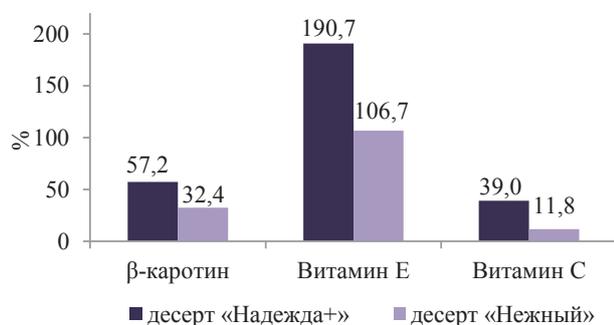


Рисунок 4. Удовлетворение физиологической потребности в β-каротине, витаминах Е и С при употреблении одной порции (100 г) соево-тыквенных десертов

Figure 4. Daily intake for β-carotene and vitamins E and C per portion (100 g) of the soy and pumpkin desserts

физиологической потребности взрослого человека в пищевых веществах и энергии (табл. 7)¹.

Согласно анализу химического состава и пищевой ценности соево-тыквенных десертов установлено, что в них содержатся многие ценные компоненты, в частности белок, жир и фосфатиды. Они также богаты β-каротином, витаминами Е и С. В одной порции разработанных десертов (100 г) содержание β-каротина, витамина Е, а также витамина С в десерте «Надежда+» составляет более 15 % от суточной физиологической потребности организма человека. Это, в соответствии с ГОСТ Р 52349-2005, позволяет отнести разработанные продукты к натуральным функциональным пищевым продуктам (рис. 4).

В ходе исследований определяли показатель трипсинингибирующей активности (ТИА), который является одним из основных при оценке содержания антипитательных веществ в соевом зерне и продуктах его переработки. Показатель ТИА составил 0,85 и 0,71 мг/г в десертах «Надежда+» и «Нежный» соответственно. Данный показатель для соево-тыквенных десертов ниже, чем в вареном курином яйце (12,8–13,3 мг/г), кипяченом коровьем молоке (1,7–2,4 мг/г), тофу (5,5 мг/г), жареной сое (3,2 мг/г) [20].

Проведена оценка разработанных десертов по микробиологическим показателям и показателям безопасности (табл. 8, 9).

Таблица 8. Микробиологические показатели соево-тыквенных десертов

Table 8. Microbiological indicators of the soy and pumpkin desserts

Определяемый показатель	Результат определения
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г	менее 5×10^4
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы)	не обнаружено в 0,1 г продукта
Дрожжи, КОЕ/г	менее 50
Плесени, КОЕ/г	менее 10

Таблица 9. Показатели безопасности соево-тыквенных десертов

Table 9. Safety indicators of the soy and pumpkin desserts

Определяемый показатель	Результат определения
Массовая доля ртути, мг/кг	менее 0,03
Массовая доля свинца, млн ⁻¹	менее 0,01
Массовая доля кадмия, млн ⁻¹	менее 0,01
Массовая доля мышьяка, млн ⁻¹	менее 0,08
Содержание гексахлорциклогексана (α-, β-, γ-изомеров), мг/кг	менее 0,05
Содержание ДДТ и его метаболитов (ДДЭ, ДДД), мг/кг	менее 0,05

Контроль качества соево-тыквенных десертов осуществляли в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Согласно ему микробиологические показатели и показатели безопасности разработанных десертов не превышают допустимых уровней.

Полученные десерты являются продукцией общественного питания и относятся к группе скоропортящихся. Согласно СанПиН 2.3.2 1324-03 соево-тыквенные десерты должны храниться не более 36 ч при температуре 4 ± 2 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %.

На производство соево-тыквенных десертов разработана техническая документация (СТО ФГБНУ ВНИИ сои 10.89.19-002-00668442-2019. Десерты соево-тыквенные функционального назначения. Технические условия). Согласно заявке на изобретение № 2019135583 получено положительное решение о выдаче патента РФ «Способ получения десертов функционального назначения» от 26.05.2020 г.

Выводы

На основе проведенных исследований разработана технология получения соево-тыквенных десертов функционального назначения, а также научно обоснованы разработанные рецептуры. Оптимальная продолжительность гомогенизации массы при получении десерта «Надежда+» составила 60 с, десерта «Нежный» – 90 с. Десерты «Надежда+» и

«Нежный» содержат белок (5,75 и 4,70 г/100 г), жир (5,85 и 2,57 г/100 г), фосфатиды (334,00 и 102,00 мг/100 г), β-каротин (2,86 и 1,62 мг/100 г), витамины Е (28,60 и 16,00 мг/100 г) и С (35,08 и 10,63 мг/100 г). Разработанные десерты по содержанию β-каротина, а также витаминов Е и С могут быть отнесены к натуральным функциональным продуктам и рекомендованы в составе рациона питания различных групп населения.

Критерии авторства

Е. С. Стаценко: анализ данных литературы по проблеме, разработка дизайна исследования, получение экспериментальных данных, разработка технологии получения исследуемых десертов, исследование показателей их качества, анализ полученных результатов, формулирование выводов, написание статьи. О. В. Литвиненко: получение экспериментальных данных, работа с литературой. Н. Ю. Корнева: получение экспериментальных данных, анализ и статистическая обработка данных, работа со списком литературы. М. А. Штарберг, Е. А. Бородин: работа с литературой, разработка методов химического анализа десертов и проведение анализа.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

E.S. Statsenko analyzed scientific sources, designed the research, obtained experimental data, developed the technology for the dessert production, studied the quality indicators, analyzed the results, formulated the conclusions, and worked on the manuscript. O.V. Litvinenko performed the experiments and worked with scientific literature. N.Yu. Korneva conducted the experiments, processed the data, and compiled the list of references. M.A. Shtarberg and E.A. Borodin studied scientific sources, developed methods for the chemical analysis of the desserts, and performed the analysis.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможность ее коррекции. Состояние проблемы / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, Д. В. Рисник [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 4. – С. 113–124. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067>.
2. Зорин, С. Н. Ферментативные гидролизаты пищевых белков для специализированных пищевых продуктов диетического (лечебного и профилактического) питания / С. Н. Зорин // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88, № 3. – С. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10026>.
3. Режим питания в сохранении здоровья работающего населения / И. В. Кобелькова, А. Н. Мартинчик, К. В. Кудрявцева [и др.] // Вопросы питания. – 2017. – Т. 86, № 5. – С. 17–21. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00071>.

4. Jenkins, D. Counterpoint: Soy protein / D. Jenkins // *Journal of Clinical Lipidology*. – 2017. – Vol. 11, № 1. – P. 307–308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2016.11.006>.
5. Tansaz, S. Biomedical applications of soy protein: A brief overview / S. Tansaz, A. R. Boccaccini // *Journal of Biomedical Materials Research. Part A*. – 2016. – Vol. 104, № 2. – P. 553–569. DOI: <https://doi.org/10.1002/jbm.a.35569>.
6. Tezuka, H. Immunomodulatory effects of soybeans and processed soy food compounds / H. Tezuka, S. Imai // *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*. – 2015. – Vol. 7, № 2. – P. 92–99. DOI: <https://doi.org/10.2174/2212798407666150629123957>.
7. Пузин, С. Н. Оптимизация питания как средство профилактики преждевременного старения / С. Н. Пузин, А. В. Погожева, В. Н. Потапов // *Вопросы питания*. – 2018. – Т. 87, № 4. – С. 69–77. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10044>.
8. Messina, M. Soy and health update: evaluation of the clinical and epidemiologic literature / M. Messina // *Nutrients*. – 2016. – Vol. 8, № 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8120754>.
9. Technological development of protein-rich concentrates using soybean and meat by-products for nutrition in extreme conditions / T. K. Kalenik, R. Costa, E. V. Motkina [et al.] // *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. – 2017. – Vol. 16, № 3. – P. 255–268. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.0501>.
10. 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.
11. Ражабова, Г. Х. Тыква как лечебное растение и перспективы его применения в клинике внутренних болезней / Г. Х. Ражабова, И. Дж. Кароматов, Н. Хошимова // *Биология и интегративная медицина*. – 2017. – № 3. – С. 144–155.
12. Стаценко, Е. С. Оценка технологических свойств зерна сои сортов селекции Всероссийского НИИ сои и продуктов его переработки для определения их пригодности к использованию в пищевом производстве / Е. С. Стаценко, О. В. Литвиненко // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. – 2019. – Т. 7, № 3. – С. 31–40. DOI: <https://doi.org/10.14529/food190304>.
13. Стаценко, Е. С. Изучение и сравнительный анализ биохимического состава сортов сои, пригодных для производства продуктов питания / Е. С. Стаценко, Н. Ю. Корнева // *Достижения науки и техники АПК*. – 2019. – Т. 33, № 5. – С. 65–68. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10516>.
14. Фосфолипиды, определение фосфор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chem21.info/info/1400887/>. – Дата обращения: 25.03.2020.
15. Определение фосфора липидов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chem21.info/info/1896353/>. – Дата обращения: 25.03.2020.
16. Modified noninvasive method of study of the oxidation of lipids of airways / E. A. Borodin, M. A. Shtarberg, A. G. Prikhodko [et al.] // *Der Pharma Chemica*. – 2015. – Vol. 7, № 11. – P. 186–192.
17. Бенкен, И. И. Определение активности ингибиторов трипсина в семенах зерновых бобовых культур казеинолитическим методом / И. И. Бенкен // *Бюллетень ВИР*. – 1982. – Т. 121. – С. 65–70.
18. Вкусовая оценка качества виноградных вин с использованием методов математической статистики / Ю. Ф. Якуба, А. А. Халафян, З. А. Темердашев [и др.] // *Вопросы питания*. – 2016. – Т. 85, № 5. – С. 93–99.
19. Оценка качества и конкурентоспособности молока пастеризованного, реализуемого торговыми предприятиями г. Волгограда / К. В. Эзергайль, А. В. Горбунов, Т. А. Любименко [и др.] // *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. – 2012. – Т. 25, № 1. – С. 101–105.
20. Петибская, В. С. Соя: химический состав и использование / В. С. Петибская. – Майкоп : Полиграф-ЮГ, 2012. – 432 с.

References

1. 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.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00067>.
2. Zorin SN. Enzymatic hydrolysates of food proteins for specialized foods for therapeutic and prophylactic nutrition. *Problems of Nutrition*. 2019;88(3):23–31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10026>.
3. Kobelkova IV, Martinchik AN, Kudryavtseva KV, Baturin AK. Diet pattern and health of working people. *Problems of Nutrition*. 2017;86(5):17–21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00071>.
4. Jenkins D. Counterpoint: Soy protein. *Journal of Clinical Lipidology*. 2017;11(1):307–308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2016.11.006>.
5. Tansaz S, Boccaccini AR. Biomedical applications of soy protein: A brief overview. *Journal of Biomedical Materials Research. Part A*. 2016;104(2):553–569. DOI: <https://doi.org/10.1002/jbm.a.35569>.
6. Tezuka H, Imai S. Immunomodulatory effects of soybeans and processed soy food compounds. *Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture*. 2015;7(2):92–99. DOI: <https://doi.org/10.2174/2212798407666150629123957>.

7. Puzin SN, Pogozheva AV, Potapov VN. Optimizing nutrition of older people as a mean of preventing premature aging. *Problems of Nutrition*. 2018;87(4):69–77. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10044>.
8. Messina M. Soy and health update: evaluation of the clinical and epidemiologic literature. *Nutrients*. 2016;8(12). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu8120754>.
9. Kalenik TK, Costa R, Motkina EV, Kosenko TA, Skripko OV, Kadnikova IA. Technological development of protein-rich concentrates using soybean and meat by-products for nutrition in extreme conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2017;16(3):255–268. DOI: <https://doi.org/10.17306/J.AFS.0501>.
10. Kornen NN, Viktorova EP, Evdokimova OV. Methodological approaches to the creation of healthy food. *Problems of Nutrition*. 2015;84(1):95–99. (In Russ.).
11. Razhabova GH, Karomatov ID, Hoshimova N. Pumpkin as the medical plant and the prospects of its application in clinic of internal diseases. *Biology and Integrative Medicine*. 2017;(3):144–155. (In Russ.).
12. Statsenko ES, Litvinenko OV. Assessment of technological properties of soybean grain of the FSBSI ARSRI of soybean and its processing products to determine their suitability for use in food production. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology*. 2019;7(3):31–40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.14529/food190304>.
13. Statsenko ES, Korneva NYu. Study and comparative analysis of the biochemical composition of soybean varieties suitable for the food production. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2019;33(5):65–68. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10516>.
14. Fosfolipidy, opredelenie fosfor [Phospholipids, determination of phosphorus] [Internet]. [cited 2020 Mar 25]. Available from: <https://chem21.info/info/1400887/>.
15. Opredelenie fosfora lipidov [Determination of phosphorus lipids] [Internet]. [cited 2020 Mar 25]. Available from: <https://chem21.info/info/1896353/>.
16. Borodin EA, Shtarberg MA, Prikhodko AG, Kolosov VP, Perelman JM. Modified noninvasive method of study of the oxidation of lipids of airways. *Der Pharma Chemica*. 2015;7(11):186–192.
17. Benken II. Opredelenie aktivnosti inhibitorov tripsina v semenakh zernovykh bobovykh kul'tur kazeinoliticheskim metodom [Determination of the activity of trypsin inhibitors in the seeds of leguminous crops by the caseinolytic method]. *Byulleten' VIR [Bulletin of All-Union Research Institute of Plant Breeding]*. 1982;121:65–70. (In Russ.).
18. Yakuba YuPh, Khalaphyan AA, Temerdashev ZA, Bessonov VV, Malinkin AD. Flavouring estimation of quality of grape wines with use of methods of mathematical statistics. *Problems of Nutrition*. 2016;85(5):93–99. (In Russ.).
19. Ezergail KV, Gorbunov AV, Lubimenko TA, Chuchunov VA. Pasteurized milk sold by Volgograd commercial enterprises quality estimation and competitive ability. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2012;25(1):101–105. (In Russ.).
20. Petibskaya VS. Soya: khimicheskiy sostav i ispol'zovanie [Soya: chemical composition and use]. Maykop: Poligraf-YUG; 2012. 432 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Стаценко Екатерина Сергеевна

канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», 675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19, тел.: +7 (4162) 36-94-50, e-mail: ses@vniisoi.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2240-0614>

Литвиненко Оксана Викторовна

канд. вет. наук, ведущий научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», 675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19, тел.: +7 (4162) 36-94-50, e-mail: lov@vniisoi.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7414-0039>

Information about the authors

Ekaterina S. Statsenko

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Leading Researcher of the Laboratory of Processing of Agricultural Products, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, 19, Ignat'evskoe shosse, Blagoveshchensk, 675027, Russia, phone: +7 (4162) 36-94-50, e-mail: ses@vniisoi.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2240-0614>

Oksana V. Litvinenko

Cand.Sci.(Vet.), Leading Researcher, Acting Head of the Laboratory of Agricultural Products Processing, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, 19, Ignat'evskoe shosse, Blagoveshchensk, 675027, Russia, phone: +7 (4162) 36-94-50, e-mail: lov@vniisoi.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-7414-0039>

Корнева Надежда Юрьевна

лаборант-исследователь лаборатории переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои», 675027, Россия, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 19, тел.: +7 (4162) 36-94-50, e-mail: knju@vniisoi.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8180-6070>

Штарберг Михаил Анатольевич

канд. мед. наук, лаборант-исследователь кафедры химии, ФГБОУ ВО «Амурская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 675006, Россия, г. Благовещенск, ул. Горького, 95, тел.: +7 (4162) 31-90-35, e-mail: shtarberg@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4656-638X>

Бородин Евгений Александрович

д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой химии, ФГБОУ ВО «Амурская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 675006, Россия, г. Благовещенск, ул. Горького, 95, тел.: +7 (4162) 37-90-57, e-mail: borodin54@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0983-4541>

Nadezhda Yu. Korneva

Research Assistant of the Laboratory of Agricultural Products Processing, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, 19, Ignat'evskoe shosse, Blagoveshchensk, 675027, Russia, phone: +7 (4162) 36-94-50, e-mail: knju@vniisoi.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8180-6070>

Mikhail A. Shtarberg

Cand.Sci.(Med.), Research Assistant of the Department of Chemistry, Amur State Medical Academy of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 95, Gorky Str., Blagoveshchensk, 675006, Russia, phone: +7 (4162) 31-90-35, e-mail: shtarberg@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-4656-638X>

Eugene A. Borodin

Dr.Sci.(Med.), Professor, Head of the Department of Chemistry, Amur State Medical Academy of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 95, Gorky Str., Blagoveshchensk, 675006, Russia, phone: +7 (4162) 37-90-57, e-mail: borodin54@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0983-4541>

Технология производства продуктов из фарша тресковых механической обвалки

А. А. Горбатовский^{1,*}, И. Л. Ракитянская², М. В. Каледина³



¹ Хулунбуирский Университет,
021008, КНР, Внутренняя Монголия, г. Хулун-Буир, ул. Сюфу, 83

² ФГБОУ ВО Пермский государственный национальный
исследовательский университет,
614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15

³ ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный
университет им. В. Я. Горина,
308503, Россия, пос. Майский, ул. Вавилова, 1

Дата поступления в редакцию: 11.06.2020

Дата принятия в печать: 26.06.2020

*e-mail: gorbatovskij@yandex.ru



© А. А. Горбатовский, И. Л. Ракитянская, М. В. Каледина, 2020

Аннотация.

Введение. Основные продукты переработки тресковых рыб – это замороженная тушка, филе и консервированная печень. Для увеличения степени переработки и снижения количества отходов переработки тресковых производят блочный фарш из механически дообваленных остатков от филетирования. Этот фарш имеет специфические технологические показатели, препятствующие его широкому использованию на производстве. Цель исследования – разработка технологии фаршевых продуктов для промышленного производства.

Объекты и методы исследования. Фарш тресковых пород рыб на примере фарша механической обвалки из атлантической трески перерабатывается без размораживания для снижения потерь от дефростации, микробиологической порчи и окисления. Конечный продукт получали путем измельчения на куттере замороженного в блоках фарша и последующей стабилизации пищевой массы растительными текстурами и пищевыми добавками. Методы – подбор и определение реологических и органолептических показателей составов фаршей, формуемых на промышленном оборудовании. Основной критерий выбора рецептуры – способность фарша к формовке на коэкструдере.

Результаты и их обсуждение. Фарш механической обвалки тресковых можно измельчать на куттере для улучшения технологичности процесса. Выявлено, что холодные фарши с более низкой температурой (–7 °С и ниже) формуются лучше теплых фаршей (0 °С и выше). Внесение 15 % эмульсии на основе подсолнечного масла и воды улучшает органолептические показатели фаршевых продуктов (рыбных шариков в панировке). Внесение 4 % пшеничной клетчатки улучшает формуемость изделий, превышение этих количеств приводит в сухости и распаду изделий при формовке. Внесение 20 % измельченных на куттере соевых гранул способствует появлению у продукта грубой текстуры, ожидаемой у рубленых фаршевых изделий.

Выводы. Реологические и органолептические показатели сильно обводненного фарша механической обвалки из тресковых и формуемость изделий из него можно улучшить внесением растительных наполнителей и эмульсии. Формовать изделия следует при низкой температуре фарша (–7 °С и ниже).

Ключевые слова. *Gadidae*, *Gadus morhua*, пищевые продукты, куттерование, замороженная рыба, переработка рыб

Для цитирования: Горбатовский, А. А. Технология производства продуктов из фарша тресковых механической обвалки / А. А. Горбатовский, И. Л. Ракитянская, М. В. Каледина // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 361–371. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-361-371>.

Original article

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

Food Processing from Mechanically Deboned Mincod

A.A. Gorbatovskiy^{1,*}, I.L. Rakityanskaya², M.V. Kaledina³

¹ Hulunbuir University,
83, Xuefu Str., Hulunbuir, Inner Mongolia, 021008, China

² Perm State National Research University,
15, Bukireva Str., Perm, 614990, Russia

Received: June 11, 2020
Accepted: June 26, 2020

² V.Ya. Gorin Belgorod State Agricultural University,
1, Vavilova Str., Mayskiy, 308503, Russia

*e-mail: gorbatovskij@yandex.ru



© A.A. Gorbatovskiy, I.L. Rakityanskaya, M.V. Kaledina, 2020

Abstract.

Introduction. Cod is of great importance for fishing and fish processing. The main cod-based food products are frozen fish, frozen fillet, and canned cod liver. To increase the degree of processing and reduce the amount of waste, fish producers obtain minced cod from mechanically deboned leftovers of filleting. Minced fish has specific technological parameters, which limits its use in food industry. The research objective was to develop a new commercial technology of minced cod products.

Study objects and methods. The research featured minced Atlantic cod. The fish was processed without thawing to reduce losses from defrosting, microbiological spoilage, and oxidation. The final product was obtained by cutting blocks of frozen minced cod on a cutter and then stabilizing the food mass with vegetable textures and food additives. The methods included selection and determination of the rheological and sensory properties of samples processed on industrial equipment. The optimal formulation was chosen according to the best results of coextruder processing.

Results and discussion. Using a cutter improved the processing quality of the mechanically deboned minced cod. The samples of cold minced cod proved easier to process at a lower temperature of -7°C and below, if compared to the samples of warm minced fish (0°C and above). Adding 15% of a sunflower oil and water emulsion improved the sensory properties of finished products, e.g. fish balls in bread crumbs. Adding 4% of wheat fiber improved the texture of the products, while a higher dose made them dry and crumbly. 20% of crushed soy granules resulted in a rough texture, typical of chopped fish products.

Conclusion. Rheological and organoleptic properties of highly watered mechanically deboned minced cod, as well as the texture of the finished products, could be improved by adding vegetable fillers and emulsions at a low temperature.

Keywords: *Gadidae*, *Gadus morhua*, food products, cutting, frozen fish, fish processing

For citation: Gorbatovskiy AA, Rakityanskaya IL, Kaledina MV. Food Processing from Mechanically Deboned Minced Cod. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):361–371. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-361-371>.

Введение

Добыча и переработка тресковых (*Gadidae*) является важной частью мирового рыболовства. Однако ассортимент массовых продуктов, получаемых из тресковых пород рыб (треска *Gadus morhua*, пикша *Melanogrammus aeglefinus*, путассу *Micromesistius poutassou*, сайда *Pollachius virens*, минтай *Gadus Chalcogrammus*), невелик и сводится к замороженной тушке, замороженному филе и консервированной печени трески и минтая. Переработка этих рыб оставляет большое количество отходов, а продукция является сырьем, т. к. не появляется значительной добавленной стоимости при сравнении рыбы-сырца и рыбного филе [1–3].

Для увеличения степени переработки, снижения количества отходов и потерь ценного пищевого сырья все больше переработчиков трески производят блочный фарш тресковых из механически дообваленных костей (далее – фарш) с применением сепараторов и неопрессов. Этот процесс позволяет вовлечь в пищевое производство ценное рыбное сырье, которое требует или дорогостоящей утилизации или отправляется на производство рыбной муки [4, 5].

На сегодня не существует разработанной и общепринятой технологии промышленного применения фарша из тресковых. Обычно этот продукт продается в фасованном виде для домашней кулинарии. Целью представленной работы являлась разработка технологии фаршевых продуктов для промышленного производства.

Так как такой фарш является не основным, а побочным продуктом производства филе тресковых, то показатели биологической и энергетической ценности могут значительно варьироваться [6, 7]. Кроме того, лов тресковых может проходить в разное время и в разных частях Мирового океана, что оказывает влияние на пищевую ценность как всей рыбы, так и фарша из нее. Технологические и биохимические показатели фарша из тресковых рыб сильно отличаются от филе соответствующих рыб. Так как фарш производится путем механической обвалки костных остатков от филетирования рыбы на неопрессах, то в фарш неизбежно будут попадать ткани с большим содержанием липидов [6–8]. Такие ткани, с одной стороны, повышают пищевую и энергетическую ценность фарша. Но, с другой стороны, присутствие легкоокисляющихся липидов повышает риск окислительной порчи всего фарша и потенциально влияет на сроки хранения потребительской продукции из него. Практические наблюдения показывают, что при производстве фарша производители добавляют в него некоторое количество шкуры рыбы, остающейся при филетировании. С одной стороны, такая субстанция является 100 % белком. Однако степень его усвоения человеком значительно ниже, чем у белков мышечных тканей филе рыбы [9, 10].

Основные препятствия к широкому применению фарша тресковых – это отсутствие ассортимента рыбных продуктов из него, значительная

обводненность и текучесть фарша, быстрое окисление при размораживании и потемнение фарша, распад размороженного фарша на мелкие кусочки с выделением большого количества жидкости, а также отсутствие на существующих рыбоперерабатывающих предприятиях соответствующего оборудования. Для производства потребительских товаров из фарша тресковых рыб необходимо было решить следующие задачи:

1. стабилизировать структурно-механические свойства фарша – связать выделяющуюся влагу и предотвратить этот процесс;

2. при помощи внесения пищевых добавок, обогатителей и наполнителей привести массу фарша к таким реологическим показателям, которые позволяют формовать ее с начинками и без них на промышленных формовочных установках;

3. на существующем у предприятия или существующем на рынке оборудовании произвести конечные пищевые продукты, которые можно продать потребителям.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования:

- куттер Talsa 315 (МП-технологии, Россия);
- формовочная машина-коэкструдер Vemag HP30E (Vemag, ФРГ);
- замороженная в блоках масса трески мехобвалки производства ИП «Борисик А.П.» по ТУ 10.20.15-157-37676459-2017;
- картофельный крахмал по ГОСТ 53876-2010;
- пшеничная клетчатка Vitacel WF 200 (Германия);
- пшеничная мука по ГОСТ Р 52189-2003;
- мука рисовая и гороховая (ТУ 9223-143-04610209-2003);
- соевый изолят «Шаньсун-90 DN» (ООО «Ингредиенты. Развитие», Россия);
- пищевая добавка Tari Combi Pate (производства фирмы ICL Food Specialties, Германия);
- масло подсолнечное рафинированное дезодорированное высший сорт по ГОСТ 1129-2013.

Конечным потребительским продуктом переработки тресковых стали рыбные шарики с начинкой.

При проведении комплекса физико-химических исследований и изучения свойств объектов применялись стандартные и общепринятые методы:

- определение реологических показателей образцов фарша осуществляли на пенетрометре ПНДП по ГОСТ Р 50814-95;
- органолептические показатели определяли после обжарки изделий во фритюре посредством дегустационной оценки по пятибалльной шкале.

Результаты и их обсуждение

Характеристика рыбного фарша механической обвалки и выбор технологической схемы производства. В исследованиях была использована



Рисунок 1. Фарш трески механической обвалки от разных производителей

Figure 1. Mechanically deboned minced cod from different producers

замороженная в блоках масса трески (далее – фарш), полученная механической обвалкой хребтов трески, оставшихся после производства филе. Фарш выпускается блоками массой 3–7 кг в картонных коробках (рис. 1).

Цвет замороженного фарша варьируется от светло-бежевого до коричневого в зависимости от состояния использованного сырья, окисленности рыбы, количества липидов и шкуры трески в составе массы. После размораживания единая масса распадается на кусочки трески массой 2–5 г и размерами 3–6 мм с большим количеством выделившейся при размораживании влаги (в опытах отмечено выделение влаги до 45 % от массы замороженного сырья) (рис. 2).

Количество влаги зависит от скорости замораживания и свойств рыбного сырья. Ввиду того, что треска является нежирной рыбой, у размороженного фарша трески наблюдается рыхлая, водянистая структура, непригодная для формовки изделий [4–7]. Под давлением масса не приобретает однородной вязкой структуры, только теряется оставшаяся в тканях рыбы влага. Так как у измельченной рыбы большая площадь контакта с воздухом, то окисление размороженного фарша идет быстро – в течение нескольких часов. Это приводит к заметному потемнению фаршевой массы и появлению у готовых продуктов кислого



Рисунок 2. Размороженный фарш трески механической обвалки

Figure 2. Unfrozen mechanically deboned minced cod

привкуса. Поэтому основной задачей исследования стала проблема придания фаршу трески структуры, поддающейся формовке на промышленных автоматах, при минимальном окислении и микробиологической порче.

Требования к реологическим показателям массы рыбного фарша для формовки на промышленных машинах двояки. С одной стороны, масса должна быть вязкой, чтобы удерживать в себе жидкую начинку любой природы. Но, с другой стороны, масса должна быть текучей, чтобы формирующий нож отсекал порцию продукта ровно, без тянущихся волокон. Для решения этой задачи применялись следующие подходы: составление массы для формовки в фаршемешалке и составление массы на куттере.

В процессе практического применения фаршемешалки и куттера были выявлены ряд существенных преимуществ и недостатков способов. Это позволило выбрать технологическую схему производства для дальнейших исследований.

Преимущества фаршесоставления на фаршемешалке состоят в том, что это оборудование относительно недорогое. Им обладают многие предприятия, выпускающие полуфабрикаты (пельмени, котлеты, блинчики) и оно не требует высокой квалификации оператора. Удельная мощность фаршемешалки на валу велика и позволяет перемешивать большую массу продукта, что обеспечивает большую производительность по выпуску продукции.

Недостатки использования фаршемешалки:

- отсутствие герметичности рабочей емкости (дежи) фаршемешалки ведет к потерям жидкости из размороженной рыбы, содержащей много водорастворимых белков. Это снижает пищевую ценность рыбного продукта;
- на фаршемешалке можно перемешивать только размороженные массы. В дежу нельзя загружать замороженные куски фарша трески, а скорость вращения лопастей или шнека фаршемешалки не позволяет разморозить этот фарш непосредственно от трения/механического воздействия на фарш рабочих поверхностей внутри фаршемешалки;
- длительное (по сравнению с куттерами) время перемешивания продуктов в мешалке для тщательного распределения ингредиентов по фаршу, что ухудшает микробиологические показатели и степень окисления ингредиентов;
- высокая температура фарша по окончании процесса;
- в фаршемешалке труднее регулировать консистенцию и реологические показатели фарша.

Преимущества фаршесоставления продуктов из фарша трески на куттерах:

- возможность измельчать замороженный фарш трески. В случае недостаточной производительности

куттера следует предварительно распилить крупные блоки на ленточной пиле или блокорежке;

- отсутствие необходимости размораживать рыбное сырье, что значительно снижает риск его окисления и микробиальной порчи. Отсутствие разморозки исключает потери влаги из размороженного сырья;
- возможность применять на куттере режимы измельчения и перемешивания;
- быстрое фаршесоставление на куттере, исчисляемое отдельными минутами;
- возможность точно регулировать температуру фаршевой массы встроенным в чашу куттера термометром.

Недостатками использования куттера можно назвать:

- мощность перемешивания на куттере меньше, чем на фаршемешалке; меньший объем чаши;
- отсутствие куттеров на предприятиях, выпускающих рубленые полуфабрикаты;
- большая стоимость куттеров по сравнению с фаршемешалками;
- высокие требования к квалификации оператора куттера.

Практические эксперименты на промышленной фаршемешалке показали, что специфика размороженного рыбного сырья (обводненность, быстрая потеря цвета/потемнение, рыхлая структура) не позволяет производить рыбный фаршевый продукт из массы трески на фаршемешалках, поэтому было решено дальнейшие эксперименты проводить только на куттере.

Изменение органолептических показателей рыбного фарша и готовой продукции. Конечным потребительским продуктом переработки тресковых стали рыбные шарики с начинкой. Основные требования к продуктам из обводненного фарша трески: максимально светлый цвет на разрезе продукта; способность приобретать правильную цилиндрическую или сферическую форму при формовке на линии, без тянущихся волокон; способность удерживать в себе начинку любой консистенции и степени вязкости.

В связи с этим исследование было разбито на несколько взаимосвязанных этапов.

Этап 1. Прямое регулирование вязкости фаршевой массы однокомпонентными растительными наполнителями. Основная проблема переработки фарша механической обвалки из трески – высокая обводненность, препятствующая формовке из нее любых продуктов [11–13]. Поэтому возникает необходимость применения наполнителей и пищевых добавок на основе растительных волокон [14, 15]. Начальной задачей работы стали исследования по связыванию влаги в рыбном фарше.

Поскольку фарш мехобвалки из трески является недорогим побочным продуктом разделки рыбы на филе, то стоимость этого сырья небольшая (сравнительно с тушкой и филе трески). Поэтому

Таблица 1. Изменение вязкости размороженного фарша трески в зависимости от количества и вида наполнителя

Table 1. Effect of the amount and type of filler on the viscosity of unfrozen minced cod

Доза наполнителя, %	Вязкость, Па·с			
	Пшеничная клетчатка	Гороховая мука	Крахмал картофельный	Рисовая мука
2	2,82	2,08	1,96	1,76
4	5,13	2,71	2,67	2,54
6	8,46	4,42	3,84	3,73
8	10,51	6,87	5,23	5,15
10	14,27	8,04	6,12	5,97
12	18,66	9,53	7,09	6,64

использование в качестве наполнителей пищевых добавок с высокой стоимостью нерационально. Для исследований выбраны широко применяемые в пищевой промышленности текстурирующие ингредиенты невысокой стоимости – рисовая и гороховая мука, пшеничная клетчатка и картофельный крахмал [14, 15].

Гороховая мука использовалась как недорогой наполнитель с высоким содержанием белка для улучшения показателей пищевой и биологической ценности продукта. Картофельный крахмал – нейтральный наполнитель, обладающий хорошими влагоудерживающими показателями. Рисовая мука – сопоставимый по показателям с крахмалом наполнитель. Пшеничная клетчатка – эффективный стабилизатор реологических показателей (вязкости, упругости, предельного напряжения сдвига) с дозировками 3–7 %. Внесение пшеничной клетчатки к размороженному фаршу трески в начале фаршесоставления позволяет связать свободную влагу, которая выделяется при разморозке. Однако чрезмерное (выше 7 %) добавление пшеничной клетчатки придает продукту сухость и ненатуральный «бумажный» привкус [14].

Параметр вязкости пищевой массы на основе размороженного фарша трески (+8 °С) зависит от внесенных структурообразователей (табл. 1). Количество вносимых ингредиентов ограничивалось технологическими соображениями – способностью коэкструдера к формовке приемлемых изделий. Этот параметр устанавливался опытным путем как «органолептическая оценка формуемости изделий, балл» (рис. 3). Во-первых, при низкой вязкости массы коэкструдер не способен формовать изделия правильной формы. Во-вторых, при высокой вязкости массы отформованные изделия разваливаются [14, 16, 17].

Все используемые ингредиенты в разной степени связывали влагу из размороженного фарша трески, меняя реологические показатели пищевой массы. Наполнители увеличивали вязкость и водосвязывающую способность фаршей. Это позволило получить продукт практически любой вязкости. Однако с повышением дозы наполнителя продукт становился сухим, ломким и расслаивался при формовке. Дегустаторы отмечали плотную консистенцию изделий с чрезмерной однородностью. Требовалось внесение в структуру продукта

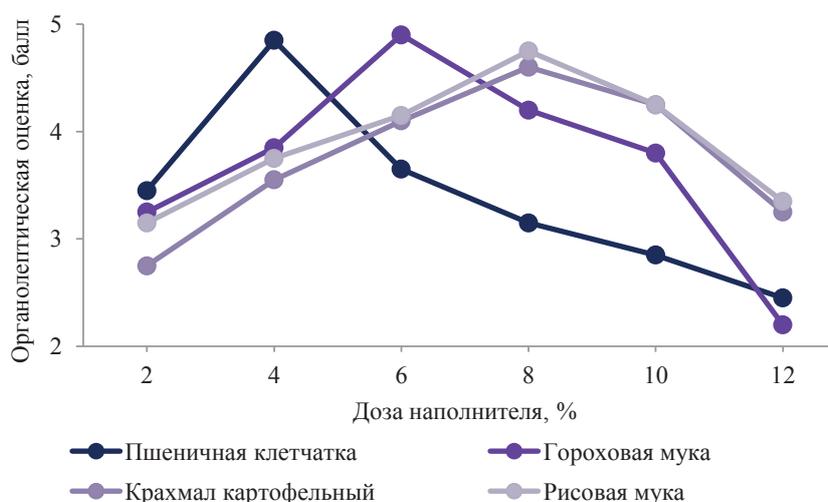


Рисунок 3. Органолептическая оценка формуемости изделий в зависимости от дозы и вида наполнителя

Figure 3. Effect of dose and type of filler on the sensory evaluation of the texture of the finished products

ингредиентов для придания неоднородности и грубых фрагментов, обычно присущих рубленным изделиям из рыбы.

Установлено, что оптимальные показатели формуемости были при 4 % у пшеничной клетчатки, 6 % – у гороховой муки, 8 % – у рисовой муки и картофельного крахмала. Однако применение одних только загустителей не решает проблемы формовки фаршевых изделий. Требуется их дополнение пластификаторами.

Стоит отметить, что большое количество дешевого наполнителя способно увеличить показатели вязкости фаршевой массы для ее формования в простые изделия (шарики и цилиндры). Но это сильно влияет на вкус, ретушируя рыбный привкус. Дегустаторы показали, что оптимальные количества наполнителей маскируют заявленный в продуктах рыбный вкус, а консистенция изделий получается однородной и нейтральной, теряется ощущение того, что это рыбный продукт. Изделия на основе фарша трески с наполнителем получились серые по цвету и безвкусные. Это связано с недостатком жировой фракции в продукте. По результатам эксперимента принято решение об увеличении жировой составляющей продукта.

Этап 2. Увеличение жировой части фаршевого продукта. Известно, что присутствие жиров в продукте обогащает вкус пищи. В треске жировая ткань сосредоточена в печени. Масса трески содержит больше жиров, чем филе. Однако эти липиды способствуют быстрому окислению фарша при размораживании [11, 13, 18, 19]. Для увеличения массовой доли жиров в фаршевом продукте требовался источник жиров. На рыбоперерабатывающих заводах недорогое сырье животного происхождения с большим содержанием жиров взять неоткуда: его закупки и хранение экономически и технологически нецелесообразны. Оптимальным для приготовления жировых компонентов рыбных фаршевых продуктов стало использование жировой эмульсии на основе растительного масла, воды и эмульгаторов. Растительное масло присутствует на производстве для приготовления заливок для шпрот, майонезов и соусов для морской капусты. Предприятия могут закупать его по низкой оптовой цене. Растительное масло легко хранить на обычных складах и легко дозировать для производственных целей. Любое другое жиросодержащее сырье стоит дороже и требует охлаждаемых складских площадей.

Для приготовления жировой эмульсии был выбран комплексный препарат Tari Combi Pate. Однако можно применять другие приемлемые по цене и технологическим свойствам эмульгаторы.

Для производства жировой эмульсии была использована следующая рецептура: растительное масло – 33 %, вода – 59 %, Tari Combi Pate – 8 %.

Как показали практические выработки, соотношение этих компонентов можно менять в относительно широких пределах в зависимости от желаемой консистенции эмульсии и требуемых экономических показателей. Эмульсия сохраняет стойкость при кратковременном (до 12 ч) хранении при низкой температуре от 0 до +4 °С. После этого начинается расслоение эмульсии на масло и воду.

При приготовлении эмульсии в куттер сначала вносят холодную воду температурой +4 °С. Далее на большой скорости вращения ножей вносят эмульгирующий препарат Tari Combi Pate, а затем медленно вносят растительное масло, постепенно приливая его в чашу куттера. Следует избегать одномоментного внесения масла в смесь воды и эмульгатора, что приведет к браку эмульсии и ее расслоению прямо в чаше куттера или сразу после окончания ее составления. Куттерование эмульсии ведут до образования однородной структуры на максимальной скорости вращения ножей куттера.

После приготовления эмульсии к ней добавляли размороженный фарш мехобвалки трески и растительные наполнители в оптимальных для формовки количествах (на выбор: пшеничная клетчатка – 4 %, гороховая мука – 6 %, рисовая мука и крахмал – 8 %). Формовка изделий показала, что эмульсия не ухудшает реологические показатели изделий. Отмечено, что продукт, содержащий 15 % эмульсии и 4 % пшеничной клетчатки, имел лучшие органолептические показатели (рис. 4).

Этап 3. Изучение влияния температуры на качественные показатели фарша и готовых продуктов. При проведении экспериментов была замечена разница в цвете фарша до и после разморозки, замороженный фарш был значительно светлее [11, 12]. Поэтому было принято решение отказаться от

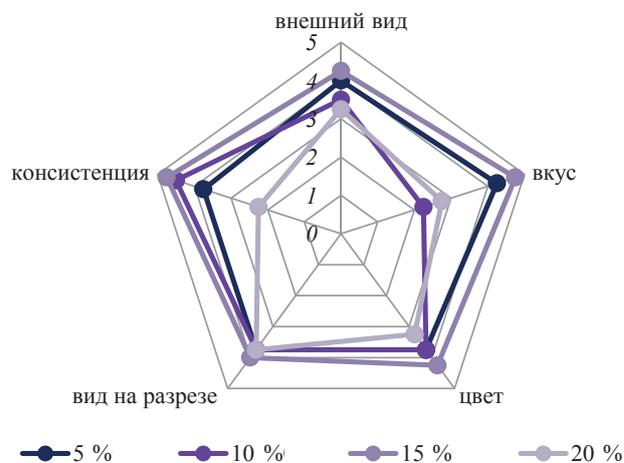


Рисунок 4. Органолептическая оценка образцов продукта в зависимости от массовой доли растительной эмульсии

Figure 4. Effect of the mass fraction of plant emulsion on the sensory evaluation of product samples



Рисунок 5. Внешний вид фарша, полученного из замороженного сырья

Figure 5. Appearance of minced cod obtained from frozen raw materials



Рисунок 6. Внешний вид готовой продукции из размороженного и замороженного фарша

Figure 6. Appearance of finished products from unfrozen and frozen minced cod

разморозки и измельчать блоки фарша трески на куттере, вводя наполнители после получения однородной массы. При перемещении фарша из куттера в коэкструдер и при движении фарша в трубопроводах формовочной машины температура фарша повышается, а его вязкость и способность к формовке снижается. Поэтому рекомендуется начинать процесс измельчения блоков фарша трески без предварительного размораживания. Такой подход сократит время производства, улучшит микробиологическое состояние и сроки хранения готового продукта, предотвратит окисление и сохранит белый цвет готового продукта (рис. 5 и 6).

Реологические показатели фарша из ранее проведенных экспериментов при формовке в зависимости от его температуры представлены в таблице 2.

Отмечено, что снижение температуры фарша значительно улучшает показатели его формуемости, тогда как при нагреве происходит таяние плохо связанной влаги и ухудшается формуемость. Холодные фарши с более низкой температурой ($-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже) формовались значительно лучше теплых фаршей ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше).

Этап 4. Регулирование текстуры фаршевых изделий. При производстве фаршевых изделий из замороженной массы трески и подобного сырья наиболее вероятное направление выбора продуктов – это замороженные полуфабрикаты, рыбные котлеты, фишбургеры, рыбные палочки и т. д. Потребитель в таких продуктах ожидает обнаружить естественную неоднородность, присущую рубленому рыбному филе. Однако специфика фарша из массы трески и подобного сырья в том, что высокая обводненность, рыхлость и бесструктурность не позволяет достичь этой цели напрямую.

В настоящем исследовании было найдено решение для придания грубой текстуры однородной фаршевой массе, состоящей из фарша трески мехобвалки (61 %), наполнителя (пшеничная клетчатка – 4 %)

и жировой эмульсии (15 %). В рецептуру вносили 20 % измельченных соевых гранул – этот компонент не сминается при формовке, сохраняет свою структуру при термообработке и придает продукту грубую текстуру, присущую продуктам из рубленой рыбы.

Соевые гранулы подготавливали следующим образом. На куттере смешивали соевый изолят «Шаньсун-90 DN» и холодную воду (температура $4\text{ }^{\circ}\text{C}$) в соотношении 1:3. Смешивание проводили на высокой скорости куттера до достижения смеси температуры $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Далее готовые гранулы были отправлены на охлаждение в холодильную камеру с температурой $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Соевые гранулы использовали при достижении его температуры не выше $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Из-за нейтральности органолептических показателей соевых гранул количество в 20 % было обусловлено необходимостью сохранить в продукте преобладание животного (рыбного) белка над соевым. Увеличение массовой доли соевых гранул сделало бы продукт не рыбным, а комбинированным. Добавление массовой доли гранул менее 20 % снижало неоднородность продукта. Внесение данного компонента не оказывало существенного влияния на вязкость фарша, изменяя только органолептические показатели.

Таблица 2. Влияние температуры на вязкость фарша с пшеничной клетчаткой и жировой эмульсией

Table 2. Effect of temperature on the viscosity of minced cod with wheat fiber and fat emulsion

Температура фарша, $^{\circ}\text{C}$	Вязкость, Па·с	Органолептическая оценка формуемости изделий, балл
-8	9,32	4,75
-4	6,14	4,85
0	5,61	3,25
+4	5,02	2,25
+8	4,14	1,15

Технология фаршевых продуктов. Во время проведения экспериментов принималась во внимание технологичность процессов, т. е. стремление свести к минимуму простой оборудования, возможные перегрузки компонентов в чашу куттера и обратно. При куттеровании следует проводить измельчение быстро во избежание излишнего повышения температуры и окисления продукции. Поэтому приготовление фарша включало в себя последовательно следующие операции:

1. Предварительное приготовление соевых гранул из изолированного соевого белка и их обязательное охлаждение. Смешение гранул с водой температурой 4 °С в соотношении 1:3, куттерование до повышения температуры смеси до 40 °С, охлаждение смеси до температуры не выше +6 °С;

2. Распиливание блоков замороженного фарша трески на куски размером 5×5×5 см или измельчение блоков на блокорежке. Размеры зависят от мощности куттера и его способности измельчать замороженный фарш трески;

3. Измельчение замороженного фарша трески мехобвалки на высокой скорости вращения ножей куттера (эту операцию следует проводить как можно быстрее, желательно под вакуумом);

4. Внесение растительного наполнителя для связывания выделившейся из фарша влаги и предотвращения прилипания фарша ко дну чаши во избежание его излишнего нагрева;

5. Внесение и измельчение соевых гранул для придания грубой текстуры продукту;

6. Окончание процесса куттерования до достижения фаршем температуры –2 °С во избежание его окислительной и микробиальной порчи;

7. Формовка фаршевого продукта в виде шариков;

8. Панировка в сахарной крошке;

9. Замораживание или кулинарная обработка.

Полученный продукт представляет собой шарик из пищевой массы на основе фарша трески с начинкой или без нее. Полученная по разработанной технологии фаршевая масса может быть отформована, помимо шариков, в виде рыбных палочек, фишбургеров и т. д.

Дальнейшее развитие работы и ее перспективы связаны с расширением линейки вкусов, форм и вида продуктов из фарша трески.

В качестве начинок для продуктов из фарша трески перспективно использовать по вкусу максимально контрастные к рыбе, хорошо переносящих формовку, заморозку и повторный разогрев. В качестве таковых предлагается рассмотреть овощные начинки (томатная, баклажанная, морковная, свекольная), ягодные (клюквенная, брусничная, черничная), молочные (сырная, йогуртная, сметанная), начинки из контрастных морепродуктов (селедочная, креветки, криль).

Помимо продуктов с начинками ведется работа по разработке технологии фаршевых продуктов в форме

наггетсов, фишбургеров, медальонов и рыбных стейков. Отрабатываются дозировки вкусовых добавок и красителей для производства имитаций лосося, тунца, форели, масляной рыбы, щуки, карпа и судака.

При разработке продуктов из фарша трески следует максимально широко применять льезоны и панировки:

– для расширения ассортимента (панировки разной текстуры, цвета, консистенции и калибра, панировки из сахарной крошки, молотых овощей – моркови, тыквы, свеклы и т. д., молотых круп);

– регулирования себестоимости готовых изделий (панировки могут быть дешевле рыбного сырья);

– увеличения выхода готовой продукции и маскировки косметических дефектов, неизбежных при практической отработке новых видов пищевых продуктов.

Результатом проекта является законченная и масштабируемая технология производства широкого ассортимента потребительских продуктов из промышленно неиспользуемого сейчас, но перспективного пищевого ресурса – фарша трески.

Выводы

В работе показана возможность расширения ассортимента выпускаемых рыбных продуктов из мало использованного недорогого сырья – фарша механической обвалки из тресковых рыб. Трудные технологические и реологические характеристики такого сырья можно регулировать за счет внесения наполнителей, а грубую текстуру можно создать стойкими к механическому воздействию соевыми гранулами.

Установлено положительное влияние низкой температуры фарша на формовку: его низкая температура (–7 °С и ниже) улучшает вязкость и формуемость изделий.

При выпуске фаршевых изделий из рыбы рекомендуется применять куттера как прогрессивное оборудование, чем обычные фаршемешалки.

Для стабилизации структурно-механических свойств фарша трески рекомендуется использовать несколько технологических решений:

1. Использовать фарш трески (и подобные продукты – фарш путассу, сайды, пикши) без разморозки, измельчая его предварительно на блокорежке или ленточной пиле, а далее измельчая на куттере;

2. Для увеличения вязкости и связывания влаги из фарша рекомендуется использовать растительные наполнители и текстураты;

3. Для улучшения органолептических показателей продуктов из нежирной и водянистой массы трески рекомендуется использовать водо-жировую эмульсию на основе растительного масла в количестве 15 % от массы фарша;

4. Для придания однородной массе грубой текстуры рубленой рыбы рекомендуется использовать измельченные на куттере соевые гранулы.

Технология испытана на фарше атлантической трески *Gadus morhua*, т. к. этот вид сырья дешев и легко доступен, но технология может быть использована для аналогичных фаршей из большинства видов тресковых рыб (трески, минтая, сайды, пикши). Технология позволяет эффективно использовать замороженную рыбу с минимальным количеством отходов. Выход готового фарша более 130 % от массы замороженного фарша.

Критерии авторства

И. Л. Ракитянская руководила проектом. А. А. Горбатовский проводил экспериментальные исследования. А. А. Горбатовский и М. В. Каледина

принимали участие в обработке данных, написании и корректировке статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

I.L. Rakityanskaya supervised the project. A.A. Gorbatovskiy conducted the experimental research. A.A. Gorbatovskiy and M.V. Kaledina 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.

Список литературы

1. The state of world fisheries and aquaculture. Meeting the sustainable development goals. Rome : Food and Agriculture Organization, 2018. – 227 p.
2. Simpson, B. K. Food biochemistry and food processing. Wiley-Blackwell, 2012. – 912 p.
3. Pham, Q. T. Refrigeration in food preservation and processing / Q. T. Pham // Conventional and advanced food processing technologies / S. Bhattacharya. – John Wiley and Sons, 2015. – P. 357–386. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118406281.ch15>.
4. Bechtel, P. J. Properties of different fish processing by-products from pollock, cod and salmon / P. J. Bechtel // Journal of Food Processing and Preservation. – 2003. – Vol. 27, № 2. – P. 101–116. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2003.tb00505.x>.
5. Crop nutrient recovery from applied fish coproducts / M. Zhang, S. Sparrow, A. Pantoja [et al.] // A sustainable future: fish processing by-products / P. J. Bechtel, S. Smiley. – Fairbanks : Alaska Sea Grant College Program, 2010. – P. 87–104.
6. Bechtel, P. J. By-products from seafood processing for aquaculture and animal feeds / P. J. Bechtel // Maximising the value of marine by-products / F. Shahidi. – Woodhead Publishing, 2007. – P. 435–439 DOI: <https://doi.org/10.1533/9781845692087.3.435>.
7. Bechtel, P. J. Nutritional properties of pollock, cod and salmon processing by-products / P. J. Bechtel, R. B. Johnson // Journal of Aquatic Food Product Technology. – 2004. – Vol. 13, № 2. – P. 125–142. DOI: https://doi.org/10.1300/J030v13n02_11.
8. Bechtel, P. J. Chemical characterization of liver lipid and protein from cold-water fish species / P. J. Bechtel, A. C. Oliveira // Journal of Food Science. – 2006. – Vol. 71, № 6. – P. S480–S485. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00076.x>.
9. Shahidi, F. Biologically active peptides from foods / F. Shahidi, Q. Li // Applied food protein chemistry / Z. Ustunol. – John Wiley and Sons, 2015. – P. 75–98. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118860588.ch6>.
10. Daniela, B. Trends in fish processing technologies / B. Daniela, I. N. Anca, R. Peter. – New York : CRC Press, 2018. – 356 p.
11. Backi, C. J. Methods for (industrial) thawing of fish blocks: A review / C. J. Backi // Journal of Food Process Engineering. – 2018. – Vol. 41, № 1. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12598>.
12. Li, B. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review / B. Li, D. W. Sun // Journal of Food Engineering. – 2002. – Vol. 54, № 3. – P. 175–182. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00209-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00209-6).
13. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: review / A. E. Ghaly, D. Dave, S. Budge [et al.] // American Journal of Applied Sciences. – 2010. – Vol. 7, № 7. – P. 859–877.
14. Горбатовский, А. А. Разработка рецептур и технологии фаршевых изделий из пресноводных рыб сложного сырьевого состава: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 / Горбатовский Андрей Андреевич. – СПб., 2006. – 124 с.
15. Codex Alimentarius. Codex General Standard for Food Additives (GSFA) Online Database [Internet]. – Available from: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/gafa/en/>. – Date of the application: 14.05.2020.
16. Kim, S.-K. Introduction to seafood processing by-products / S.-K. Kim, J. Venkatesan // Seafood processing by-products / S.-K. Kim. – New York : Springer, 2014. – P. 1–9. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9590-1_1.
17. Mohan, C. O. Research methodology in food sciences: integrated theory and practice / C. O. Mohan, E. Carvajal-Millan, C. N. Ravishankar. – New Jersey : Apple Academic Press, 2018. – 394 p.
18. Archer, M. Seafood thawing / M. Archer, M. Edmonds, M. George. – Seafish Research and Development, 2008. – 45 p.
19. Sampels, S. The effects of storage and preservation technologies on the quality of fish products: a review / S. Sampels // Journal of Food Processing and Preservation. – 2015. – Vol. 39, № 6. – P. 1206–1215. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12337>.

References

1. The state of world fisheries and aquaculture. Meeting the sustainable development goals. Rome: Food and Agriculture Organization; 2018. 227 p.
2. Simpson BK. Food biochemistry and food processing. Wiley-Blackwell; 2012. 912 p.
3. Pham QT. Refrigeration in food preservation and processing. In: Bhattacharya S, editor. Conventional and advanced food processing technologies. John Wiley and Sons; 2015. pp. 357–386. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118406281.ch15>.
4. Bechtel PJ. Properties of different fish processing by-products from pollock, cod and salmon. Journal of Food Processing and Preservation. 2003;27(2):101–116. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2003.tb00505.x>.
5. Zhang M, Sparrow S, Pantoja A, Bechtel PJ. Crop nutrient recovery from applied fish coproducts. In: Bechtel PJ, Smiley S, editors. A sustainable future: fish processing by-products. Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program; 2010. pp. 87–104.
6. Bechtel PJ. By-products from seafood processing for aquaculture and animal feeds. In: Shahidi F, editor. Maximising the value of marine by-products. Woodhead Publishing; 2007. pp. 435–439 DOI: <https://doi.org/10.1533/9781845692087.3.435>.
7. Bechtel PJ, Johnson RB. Nutritional properties of pollock, cod and salmon processing by-products. Journal of Aquatic Food Product Technology. 2004;13(2):125–142. DOI: https://doi.org/10.1300/J030v13n02_11.
8. Bechtel PJ, Oliveira AC. Chemical characterization of liver lipid and protein from cold-water fish species. Journal of Food Science. 2006;71(6):S480–S485. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00076.x>.
9. Shahidi F, Li Q. Biologically active peptides from foods. In: Ustunol Z, editor. Applied food protein chemistry. John Wiley and Sons; 2015. pp. 75–98. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118860588.ch6>.
10. Daniela B, Anca IN, Peter R. Trends in fish processing technologies. New York: CRC Press; 2018. 356 p.
11. Backi CJ. Methods for (industrial) thawing of fish blocks: A review. Journal of Food Process Engineering. 2018;41(1). DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.12598>.
12. Li B, Sun DW. Novel methods for rapid freezing and thawing of foods – a review. Journal of Food Engineering. 2002;54(3):175–182. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00209-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00209-6).
13. Ghaly AE, Dave D, Budge S, Brooks M. Fish spoilage mechanisms and preservation techniques: review. American Journal of Applied Sciences. 2010;7(7):859–877.
14. Gorbatovskiy AA. Razrabotka retseptur i tekhnologii farshevykh izdeliy iz presnovodnykh ryb slozhnogo syr'evogo sostava [Development of recipes and technologies for minced products from freshwater fish of complex raw material composition]. Cand. eng. sci. diss. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Low Temperatures and Food Technologies; 2006. 124 p.
15. Codex Alimentarius. Codex General Standard for Food Additives (GSFA) Online Database [Internet]. [cited 2020 May 14]. Available from: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/gsfa/en/>.
16. Kim S-K, Venkatesan J. Introduction to seafood processing by-products. In: Kim S-K, editor. Seafood processing by-products. New York: Springer; 2014. pp. 1–9. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9590-1_1.
17. Mohan CO, Carvajal-Millan E, Ravishankar CN. Research methodology in food sciences: integrated theory and practice. New Jersey: Apple Academic Press; 2018. 394 p.
18. Archer M, Edmonds M, George M. Seafood thawing. Seafish Research and Development; 2008. 45 p.
19. Sampels S. The effects of storage and preservation technologies on the quality of fish products: a review. Journal of Food Processing and Preservation. 2015;39(6):1206–1215. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.12337>.

Сведения об авторах

Горбатовский Андрей Андреевич

канд. техн. наук, доцент химического факультета, Хулунбуирский Университет, 021008, КНР, Внутренняя Монголия, г. Хулун-Буир, ул. Сюфу, 83, тел.: +7 (980) 373-35-89, e-mail: gorbatovskij@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7593-0881>

Ракитянская Ирина Леонидовна

канд. хим. наук, доцент кафедры физической химии, ФГБОУ ВО Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Россия, г. Пермь, ул. Букирева, 15, тел.: +7 (919) 71-58-06, e-mail: irisa@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9963-2937>

Information about the authors

Andrey A. Gorbatovskiy

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Chemistry, Hulunbuir University, 83, Xuefu Str., Hulunbuir, Inner Mongolia, 021008, China, phone: +7 (980) 373-35-89, e-mail: gorbatovskij@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-7593-0881>

Irina L. Rakityanskaya

Cand.Sci.(Chem.), Associate Professor of the Department of Physical Chemistry, Perm State National Research University, 15, Bukireva Str., Perm, 614990, Russia, phone: +7 (919) 71-58-06, e-mail: irisa@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9963-2937>

Каледина Марина Васильевна

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологии сырья и продуктов животного происхождения, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина, 308503, Россия, пос. Майский, ул. Вавилова, 1, тел.: +7 (4722) 39-14-27, e-mail: kaledinamarina@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5835-996X>

Marina V. Kaledina

Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technology of Raw Materials and Animal Products, V.Ya. Gorin Belgorod State Agricultural University, 1, Vavilova Str., Mayskiy, 308503, Russia, phone: +7 (4722) 39-14-27, e-mail: kaledinamarina@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-5835-996X>

<https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-372-383>
УДК 338.24.01

Оригинальная статья
<http://fppt.ru/>

Перспективы использования цифровых и инновационных технологий в управлении конкурентоспособностью предприятий

С. К. Мизанбекова^{1,*}, И. П. Богомолова², Н. М. Шатохина²



¹ НАО «Казахский национальный аграрный университет»,
0550010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абая, 8

² ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»,
394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

Дата поступления в редакцию: 01.06.2020
Дата принятия в печать: 26.06.2020

*e-mail: Salima-49@mail.ru



© С. К. Мизанбекова, И. П. Богомолова, Н. М. Шатохина, 2020

Аннотация.

Введение. Предприятия зернопродуктового подкомплекса АПК являются стратегически важными для обеспечения продовольственной безопасности и социальной стабильности государства. В статье представлены результаты исследования перспектив использования отраслевым менеджментом инновационных технологий в условиях цифровизации экономики и функционирования отрасли на хаотично изменяющемся рынке. Теория и практика управления доказала, что среди основных компонентов повышения конкурентоспособности объектов исследования – мукомольных предприятий – важная роль отводится качеству продукции как ключевой характеристике ее потребительских достоинств.

Объекты и методы исследования. Последовательность проведения исследования обусловлена поставленными целью и задачами: с использованием статистических методов выявлена динамика мирового и российского рынка зерна и продуктов его переработки, определена роль России в мировом производстве и экспорте зерновых культур и муки; проведена оценка и установлены тренды конкурентоспособности мукомольных предприятий Центрально-Черноземного региона РФ; для выявления проблем и потенциальных возможностей обеспечения высокого уровня качества зерна и мукомольной продукции проанализированы бизнес-процессы передовых предприятий региона.

Результаты и их обсуждение. Результаты проведенного исследования позволили дать рекомендации по применению цифровых технологических решений, современного программного обеспечения и электронных мобильных приборов (датчиков) в деятельности зернозаготовительных и перерабатывающих предприятий для обеспечения безопасности и нормативных значений количественно-качественных характеристик зерна. С целью расширения рынков сбыта и укрепления имиджа социально ответственных компаний подтверждена необходимость внедрения сырьевых технологических инноваций, направленных на производство лечебно-профилактической и функциональной мукомольной продукции, в том числе с использованием фортификации, смешивания компонентов и окрашивания муки. Внесены предложения и расчетно подтверждена эффективность управленческих инноваций, включая оказание услуг по экспертизе качества муки силами сотрудников производственной лаборатории на условиях аутсорсинга.

Выводы. Использование результатов научного исследования авторов в практике мукомольных предприятий будет способствовать расширению профиля их деятельности и повышению конкурентоспособности объектов.

Ключевые слова. Цифровые технологии, инновации, управление, конкурентоспособность, рынок зерна, рынок муки, мукомольные предприятия, показатели качества, программное обеспечение

Для цитирования: Мизанбекова, С. К. Перспективы использования цифровых и инновационных технологий в управлении конкурентоспособностью предприятий / С. К. Мизанбекова, И. П. Богомолова, Н. М. Шатохина // Техника и технология пищевых производств. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 372–383. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-372-383>.

Original article

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

Prospects for Digital and Innovative Technologies in Management Competitiveness of Enterprises

S.K. Mizanbekova^{1,*}, I.P. Bogomolova², N.M. Shatohina²

¹ Kazakh National Agrarian University,
8, Abay Ave., Almaty, 050010, Republic of Kazakhstan

Received: June 01, 2020
Accepted: June 26, 2020

² Voronezh State University of Engineering Technologies,
19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia

*e-mail: Salima-49@mail.ru



© S.K. Mizanbekova, I.P. Bogomolova, N.M. Shatohina, 2020

Abstract.

Introduction. Enterprises of the grain industry make up an important part of the domestic agro-industrial complex. They are strategically important for food security and social stability. The present research featured the prospects for the use of innovative technologies by industry management in the conditions of economy digitalization and a chaotically changing market. The theory and practice of management has proved that the main component of improving the competitiveness of flour mills is the product quality.

Study objects and methods. The research objectives were to identify dynamics of the world and Russian grain market using statistical methods; to define the role of Russia in the world production and export of grain crops and flour; to assess the trends of the competitiveness of flour-milling enterprises in the Central black earth region of the Russian Federation; to identify problems and potential opportunities for improving the quality of grain and flour products; to analyze the business processes of leading enterprises in the region.

Results and discussion. The article introduces some recommendations on the use of digital technological solutions, modern software, and electronic mobile devices (probes) on grain harvesting and processing enterprises to ensure the safety and high standards of grain. The research confirmed that functional flour products can expand sales and strengthen the image of socially responsible companies. The list of raw technological innovations included fortification, mixing, and flour dying. The authors calculated the profits of management innovations, e.g. flour quality assessment in outsourcing laboratories.

Conclusion. The results can help flour milling enterprises to expand the profile of their activities and increase the competitiveness.

Keywords. Digital technologies, innovations, management, competitiveness, grain and flour market, milling enterprises, quality indicators, software

For citation: Mizanbekova SK, Bogomolova IP, Shatohina NM. Prospects for Digital and Innovative Technologies in Management Competitiveness of Enterprises. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(2):372–383. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-2-372-383>.

Введение

Основным сырьем, используемым мукомольными предприятиями, является зерно. Устойчивость производства и качество зерновых культур влияют на конкурентоспособность отрасли и ее субъектов. В свою очередь, спрос населения на хлебобулочные и макаронные изделия, кондитерскую и другую продукцию, изготовленную из пшеничной муки, определяет потребность в услугах по помолу муки. Несмотря на вековые традиции многих народов мира, рацион питания современного человека изменился: отмечены тенденции к сокращению потребления продуктов, содержащих много жиров и углеводов. Это не только уменьшает спрос на пшеничную муку, но и является потенциальной угрозой для дальнейшего развития мукомольной промышленности.

Анализ данных по объемам производства пшеницы в мире за период 2012–2018 гг. позволил установить стабильную положительную динамику (прирост от 2,5 до 52,8 %, за исключением США с отрицательным приростом 12,3 %) и выделить десять стран-лидеров, включая Китай, Индию, Россию, США, Францию, Австралию, Канаду, Пакистан, Украину и Германию. На долю российской пшеницы приходится около 30 % мирового производства и 44 % торговли зерном. В сельскохозяйственном сезоне 2018–2019 гг. было реализовано 9,2 % объемов мирового производства пшеницы [26].

Относительная стабильность зафиксирована и на мировом рынке торговли мукой. Ежегодные объемы прироста составляют порядка 14,35 млн. тонн [2, 13, 11]. Наибольшее влияние на конкурентоспособность участников рынка оказывают факторы конкурентных цен и высокой рентабельности вследствие обеспечения значительных объемов торговли, диверсификации и высокого качества муки, получения государственной поддержки или других видов стимулирования внутренней переработки. Высокая локализация рынков сбыта при условии ограниченности объемов и обеспечения потребности в муке основных регионов мира за счет одного поставщика является трендом последних лет, усложняющим появление новых игроков. Доля мирового экспорта Турции и Казахстана как лидеров на рынке торговли мукой доходит до 40 %. Однако лидерами следует назвать Пакистан и Египет, высокими темпами наращивающие объемы экспорта муки при условии, что Египет более 40 % потребности в зерне обеспечивает за счет импорта пшеницы. Россию следует отнести к странам, развивающим экспорт муки. Структурно в мировом экспорте мучной продукции преобладают поставки муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта (64 %), пшеничной хлебопекарной первого сорта (19 %), доля ржаной муки достигает 7 %.

Мукомольная промышленность нашей страны включает более 300 предприятий. Центром

сосредоточения мукомольного производства являются Сибирский и Приволжский федеральные округа. В качестве основных российских производителей муки выделим Алтайский край (около 1 млн. тонн ежегодного производства), Челябинскую область (более 650 тыс. тонн) и Санкт-Петербург (свыше 450 тыс. тонн). В соответствии со статистическими данными, начиная с 2010 г., наблюдается явно выраженная динамика снижения производства муки в нашей стране (в 2018 г. было произведено около 9,4 млн. тонн) [12, 20]. Средние значения показателей загрузки производственных мощностей отмечены на уровне 60 % при одновременном росте теневой продукции (30 % совокупных объемов), произведенной из некачественного сырья при редком соблюдении требований технологического процесса.

Наша страна на протяжении длительного периода устойчиво обеспечивает продовольственную безопасность по производству зерновых ресурсов. Доля производственного потребления (на семена и корм скоту) составляет 20 %. Для переработки на муку, крупу, комбикорма и другие цели задействовано порядка 39–46 % валового сбора, потери достигают 1,1–1,3 %, на личное потребление направляется около 0,1 %. Остальное зерно отгружается на экспорт, доля которого за период 2015–2018 гг. возросла с 29,3 до 48,4 % валового сбора в весе после доработки при качестве пшеницы не ниже третьего-четвертого классов.

Несмотря на значительную роль России как ведущего производителя и экспортера пшеницы в мире, наша страна из-за географических условий расположения может использовать в эффективном сельскохозяйственном производстве только 32 % земель при ежегодном снижении плодородия почв из-за роста промышленного загрязнения, нерационального использования пестицидов и ядохимикатов, изменения погодных и климатических условий и др. причин. Статистические данные подтверждают снижение качества зерна в последние годы. Только 65 % валового сбора составляло товарное зерно. По отдельным регионам страны доля пшеницы четвертого класса колебалась от 30 до 74 %.

Обозначим еще одну проблему технологической цепи производства зерна и муки в виде вопросов качественного послеуборочного хранения зерна, от уровня обеспечения которого зависят безопасность и показатель его потерь (в настоящее время он достигает 10 %). Как следствие – обостряется проблема ухудшения качества продовольственной пшеницы, которая используется в отечественном мукомольном производстве (часто это смешивание зерна третьего и пятого классов), при одновременном устойчивом росте цен на зерно. Это обуславливает не только удорожание мучной продукции, но и снижение рентабельности производства крупных

промышленных предприятий в условиях роста спроса на более дешевую муку и недобросовестной конкуренции со стороны теневого сектора. Последнее негативно отражается на репутации отраслевых производителей.

Вместе с тем регулярно проводимые маркетинговые исследования внешних рынков мукомольно-крупяной продукции подтверждают высокое качество российской муки. Возможность организации закупки зерна пшеницы в разных регионах страны и составления помольных партий позволяют выпускать высококачественную муку, не уступающую зарубежным аналогам, но с меньшим содержанием пестицидов и токсичных веществ.

Тренды последних десятилетий подтверждают изменения качества жизни населения России, а также мировой демографической ситуации и свидетельствуют о наличии широких перспектив и потенциальных возможностей для предприятий, деятельность которых связана с зернопереработкой. Поэтому актуальным и стратегически перспективным является изучение возможностей адаптации номенклатуры отраслевого производства к заказам потребителей, повышения пищевой ценности муки в условиях использования потенциала зерна, обеспечения более полной загрузки производственных мощностей, роста эффективности их хозяйственной деятельности. Целью работы является проведение научно-практических исследований и разработка рекомендаций по использованию отечественного и зарубежного опыта применения цифровых и инновационных технологий в менеджменте мукомольных предприятий, направленных на обеспечение их конкурентоспособности.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выступили мировой и российский рынок зерна и продуктов его переработки. Прикладные исследования проведены на одном из мукомольных предприятий Воронежской области. Теоретической и методологической основой исследования послужили концептуальные научные разработки фундаментального и прикладного характера, посвященные проблемам управления конкурентоспособностью, в том числе на рынке зерна и продуктов его переработки. В процессе работы использовались теории и общенаучные методы исследования (системные, логические, процессные и ситуационные подходы, конкретизация, абстрагирование, анализ, синтез). При обработке информационной базы использовались пакеты прикладных программ MSWord, MSExcel. Информационно-эмпирическую базу работы составили официальные материалы Федеральной службы государственной статистики РФ, территориального органа Федеральной службы

государственной статистики по Воронежской области, целевые отраслевые программы профильных Министерств и ведомств РФ, информация Internet-ресурсов, публикации в периодических изданиях, материалы научно-практических конференций по проблемам рынка сырья и продовольствия АПК, отчетность исследуемого предприятия.

Результаты и их обсуждение

Повышение конкурентоспособности деятельности предприятия является основным и решающим условием его устойчивого функционирования и укрепления позиций на внутреннем и внешнем рынках. Конкурентоспособность становится основным инструментом роста эффективности бизнеса, обеспечения социальной и экономической безопасности деятельности и стабильного получения прибыли. Для отечественных предприятий, функционирующих в отраслях экономики с формирующейся, но быстро меняющейся конкурентной средой, в том числе мукомольных, актуализируются вопросы поиска решений достижения соответствующего уровня конкурентоспособности. Важнейшим компонентом повышения конкурентоспособности, включая формирование репутации фирмы и лояльности клиентов, освоение новых рынков, увеличение экспорта, является качество, определяющее совокупность потребительских свойств продукции.

Вопросам управления конкурентоспособностью предприятий и факторам качества продукции, посвящены исследования ученых различных стран, в том числе В. Бойцова, О. Виханского, Э. Деминга, А. Фейгенбаума, Дж. Джурана, Х. Уолтера, А. Шухарта, Филиппа Б. Кросби, Ф. Котлера, Каору Исикава, Гени-ти Тагути, Р. Фатхутдинова, Дж. Харрингтона и многих других. Ключевые аспекты инновационных технологий и проблемы цифровизации отраслевой экономики рассмотрены А. Алтуховым, И. Богомоловой, В. Закшевским, М. Магомедовым, С. Мизанбековой, Т. Рябовой, Л. Печеной [8,13–17, 19].

Практика формирования системы обеспечения качества в различных сферах деятельности позволила разработать интегрированную политику ответственности всех участников производства на своем уровне с целью оптимизации технологических процессов и предотвращения возникновения погрешностей.

В нашей стране качество продукции регулируется ГОСТ Р ИСО 9001-2001 и ГОСТ Р ИСО 9004-2001. В числе направлений формирования политики в области качества, указанных в стандарте, для мукомольных предприятий можно выделить политику повышения конкурентоспособности на основе: достижения технического уровня продукции, превышающего уровень ведущих

предприятий; ориентации на удовлетворение требований потребителя определенных отраслей или определенных регионов; освоения изделий, функциональные возможности которых реализуются на новых принципах; улучшений важнейших показателей качества продукции.

Охарактеризуем ключевые для предприятий принципы управления качеством мукомольной продукции как комплексом полезных свойств продуктов, полученных на ее основе, в удовлетворении потребностей человека в полноценном питании (энергии и питательных веществах) [16]. К ним следует отнести требования обеспечения непрерывного управления качеством не только продукции, но и процессами организации производства, начиная с подготовки сырья к помолу до этапа реализации; комплексного управления качеством на всех уровнях управления; базирования на стандартизации и единстве измерений, связанных с организационными, техническими и экономическими мероприятиями, различных показателей качества продукции (объективных-измерительных, регистрационных, расчетных и субъективных-органолептического и социологического) [17].

Этапы процесса управления качеством отраслевой продукции включают: входной контроль показателей качества зерна и их соответствия ограничительным кондициям; контроль процесса сушки и хранения зерна; теххимический контроль зерна и продуктов его переработки; изучение данных по наличию основных средств, загрузке производственной мощности, времени простоев оборудования.

Развитие цифровых технологий обусловило использование современных информационно-измерительных систем, приборов и оборудования, новых физических и физико-химических методов анализа с целью выявления неиспользованных резервов, прогнозирования качества продукции, установления эффективной обратной связи с потребителями для принятия управленческих решений повышения конкурентоспособности производственной деятельности [20]. Цифровые технологии можно использовать при расчете составных компонентов помольных партий, формировании планов распределения зерна, выполнении работ по количественному и качественному учету зерна, продуктов его переработки и материальных ценностей, контроле производительности основного технологического оборудования [17]. Лабораторный контроль состоит из смены и периодически контролирует работу отдела очистки зерна.

К важным методам управления конкурентоспособностью на мукомольных предприятиях относятся сертификация, подтверждающая соответствие продукции требованиям и нормам (что существенно повышает доверие потребителей), открывающая новые перспективы расширения рынков сбыта,

увеличивающая преимущества при участии в тендерах и обеспечивающая репутацию производителей качественного и безопасного продукта.

Изучение конкурентоспособности отраслевых предприятий региона, выполненное в процессе исследования, позволило констатировать, что сложившаяся в регионах Черноземья ситуация не имеет существенных отличий от общефедеральных тенденций. Потребности Воронежской области в зерне в настоящее время обеспечены в полном объеме. Однако перерабатывающие предприятия отмечают рост цен на зернопродукцию. Это влияет на объемы производства муки и вынуждает хлебопекарные предприятия для стабилизации цен на хлебобулочную продукцию использовать более дешевые сорта муки. Кроме того, значительное количество зерна используется в целях кормления животных. В связи с высоким уровнем рентабельности и показателей оборачиваемости активов комбикормовых предприятий, чем у производителей муки и хлеба, только в течение последних пяти лет в Белгородской области построено 17 комбикормовых заводов.

Предприятия Липецкой области применяют технико-технологические инновации. Так, Подгоренский мукомольный завод с использованием новых технологий осуществляет выпуск муки пшеничной хлебопекарной, муки для производства макаронных изделий из пшеницы твердых сортов, муки ржаной, муки блинной и продукции лечебно-профилактического питания (пшеничных зародышевых хлопьев и отрубей пшеничных).

Курский комбинат хлебопродуктов с применением новых направлений в переработке зерна (пневмосепарирования) производит высокобелковую муку, которую можно использовать при изготовлении сухарно-бараночных изделий, а также в качестве наполнителя колбасных изделий. На предприятии организованы процессы обогащения муки витаминами (V_1 , V_2 , V_6), фолиевой кислотой, кальцием и железом. С применением специального сухого порошка хлора, который добавляют в муку, осуществляют ее отбеливание путем обесцвечивания ферментов и используют в дальнейшем при выпечке мучных кондитерских изделий.

Для внедрения и эффективного использования ресурсов в области инноваций, техники и технологий отраслевым предприятиям требуется финансирование со стороны государства и инвесторов.

Однако, несмотря на оказываемую государственную поддержку, ее явно недостаточно для обеспечения требуемой маржинальности и конкурентоспособности мукомольных предприятий, поскольку предусмотрено целевое использование выделенных субсидий – строго на закупку зерна. Невозможность финансирования других направле-

ний, требуемых в условиях роста цен на сырье и топливно-энергетические ресурсы, (в том числе на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, маркетинговых исследований) препятствует модернизации и инновационному обновлению отрасли. Наметившиеся отрицательные тенденции развития субъектов рынка мукомольной продукции, по мнению ученых и практиков, вызывают необходимость дотирования государством крупных бюджетных производителей массовых социальных продуктов питания, как это сделано в Курской области. Это позволяет региональным предприятиям финансировать работы в рамках инновационного развития, включая цифровые технологии.

В соответствии с прогнозами, умеренный прирост отраслевого Центрально-Черноземного рынка (на 1–1,5% в год) начнется только в 2021–2023 гг. Но для этого следует осуществить ряд управленческих решений в области обеспечения безупречной репутации ведения бизнеса и конкурентоспособности предприятий. Это консолидация производителей в вертикально интегрированные холдинги технологической цепи зерно-элеваторы-мукомольные и хлебопекарные предприятия с увеличением их доли в совокупном производстве отраслевой продукции; формирование четкой логистической системы; реструктуризация ассортимента продукции в направлении выпуска цельнозерновой диетической муки; повышение качества и доли высоко маржинальной продукции; проведение гибкой ценовой политики; использование цифровых и инновационных технологий в менеджменте.

Одним из основных бизнес-процессов производства муки является хранение зерна с последующим доведением его уровня до соответствия требованиям качества. Данный процесс осуществляется на производственном элеваторе – комплексном сооружении, включающем рабочее здание, силосный корпус, устройства для выполнения погрузо-разгрузочных работ и зерносушилки. Складские сооружения элеваторного типа позволяют организовать длительное и компактное хранение зерновых с сохранением их вкусовых и технологических свойств. Однако и они не всегда дают возможность поддерживать требуемые условия хранения, направленные на обеспечение безопасности, качества и потерь зерна, и своевременно учитывать изменение действия физических, химических и биологических факторов.

В соответствии с данными Министерства сельского хозяйства РФ зерновые потери в процессе хранения составляют около 10 %. На предприятии – объекте исследования они достигают ежегодно 13 %. Это обусловлено природными (климатическими) условиями Воронежской области, в которой, например, зимы 2012–2014 гг. характеризовались

температурами ниже $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, в 2015–2016 гг. температура колебалась в интервале от $+3$ до $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$, а уборочные периоды 2017 и 2018 гг. проходили в условиях обилия осадков. Кроме того, на предприятии отсутствуют современные технологии, позволяющие оперативно отслеживать динамику температуры и влажности зерна, нарушение нормативов которых может привести к интенсивному размножению насекомых, плесневых грибов и микотоксинов.

В процессе исследования выявлены предпосылки к применению в управленческих процессах отраслевого предприятия цифровых технологий. Перечислим ключевые из них: зависимость качества муки и крупы от исходных характеристик перерабатываемого зерна; необходимость постоянного мониторинга показателей и динамики качества хранимого в примельничном элеваторе зернового сырья; широкий ассортимент и ужесточение требований к качеству выпускаемой социально значимой продукции; большие эксплуатационные затраты производства, обусловленные спецификой производства и наличием значительных объемов пассивной части основных фондов; высокий уровень энергоемкости мукомольного производства; сложные производственные условия и необходимость повышения производительности труда персонала при обеспечении его безопасности; проблемы системной интеграции производственных, бизнес- и управленческих процессов.

Использование передового программного обеспечения, метрологических методов и инструментальных средств в технологиях надежного количественно-качественного неразрушающего контроля за зерном, находящемся в бункерах примельничного элеватора, и продуктами его переработки на складах готовой продукции позволяет не только снизить трудоемкость процесса, но и существенно сократить потери. К числу инновационных технологий следует отнести современные методы, позволяющие выполнять анализ «цифрового изображения зерна» путем сопоставления отобранного образца с характеристиками компьютерного эталона, а также системы, организующие в хранилищах любых типов возможность работы по дистанционному отслеживанию состояния зерновых продуктов.

Кроме того, в состав инновационных цифровых технологий для отраслевых предприятий целесообразно включить вычислительный инструментарий, который позволяет выполнять анализ информации по фактическому количеству тепла, возникающего при дыхании зерна, нагреве или охлаждении силосов в процессе изменения погодных условий. Передовое программное обеспечение может быть использовано не только при оценке сложившейся ситуации, но и при прогнозном моделировании различных

производственных бизнес-процессов с учетом многофакторного воздействия. Также программное обеспечение можно использовать при разработке рекомендаций по оптимизации условий, задаваемых для хранения зерна, с учетом динамики фактических показателей по потерям сухого вещества, вероятности появления плесени или уменьшения всхожести семенного зерна.

Многие современные цифровые технологии основаны на использовании интеллектуальных беспроводных мобильных датчиков, которые просты в установке, обслуживании и эксплуатации, не требуют дополнительной инфраструктуры, приемлемы по стоимости. Точность измерения параметров, влияющих на качество и безопасность зерна, включая температуру, относительную влажность, содержание углекислого газа, которую обеспечивают датчики, составляет до 99,8 %. Они могут быть применены в системном контроле деятельности не только хлебозаготовительных и зерноперерабатывающих предприятий (элеваторов, мукомольных и крупяных), но также транспортных организаций (железнодорожном, морском, речном и автомобильном транспорте). При возможности обеспечения менеджмента информацией в режиме реального времени о состоянии окружающей среды, условиях хранения зерна, возникновении очагов порчи зерновых культур использование датчиков непосредственно направлено на управление рыночной стоимостью зерна, снижение потерь зерна, уменьшение эксплуатационных расходов и рост конкурентоспособности отечественных производственных и инфраструктурных предприятий технологической цепи зернопродуктового подкомплекса [24, 25].

Важная роль в управлении конкурентоспособностью предприятия, укреплении рыночных позиций и расширении рынков сбыта, приобретении статуса социально ответственной компании отводится расширению ассортимента продукции с использованием сырьевых (ингредиентных) инноваций, лежащих в основе выпуска муки повышенного качества, обладающей высокой пищевой ценностью, диетическим и лечебно-профилактическим назначением, способствующей снижению дефицита витаминов и минеральных веществ у населения страны. По мнению ученых и практиков, к числу наиболее эффективных технологий решения указанных задач, следует отнести разработку рецептур обогащения муки на основе метода фортификации (процесса добавления в муку порошкообразной примеси питательных элементов – витаминов и минералов при размоле) [18]. Целесообразность фортификации объясняется особенностями технологического процесса производства муки: при размоле отруби и зародыш, содержащие протеин, углеводы,

клетчатку, витамины и минералы, удаляются, а оставшийся конечный продукт в виде чистого белого эндосперма лишается основной части витаминов и характеризуется меньшей питательной ценностью, чем перерабатываемое зерно пшеницы. Применение данной технологии является актуальным для различных регионов, включая Воронежскую область, население которой испытывает дефицит ряда витаминов и минералов, в том числе витаминов А и В₁₂, а также кальция, железа [25].

Важно отметить, что фортификация при сложностях установки оборудования, позволяющего организовать равномерное распределение добавок по объемам муки, практически не приводит к увеличению затрат предприятия, так как технологический процесс производства продукции практически не изменяется. Согласно данным статистики за период 2016–2018 гг. использование продукции, выработанной из муки, изготовленной с применением технологий фортификации, позволило положительно влиять на здоровье населения, сократив дефицит железа с 38 до 18 % и снизив случаи анемии и заболеваний пеллагрой более чем в два и четыре раза. При сложившемся уровне средних цен фортификантов и рекомендуемой дозировке к использованию порядка 100 г на тонну, ресурсоэффективность и бюджетность технологии положительно оценивают производители и покупатели продукции.

К перспективным направлением следует отнести и разработку новых видов продукции, в составе которых, помимо муки, используются и другие зерновые продукты (отруби, зародыши), а также муку, обогащенную пищевыми волокнами (гороховыми отрубями, чечевицей, аморантом). Учитывая снижение доли муки низких сортов, используемых при производстве хлебобулочных изделий, следует говорить об устойчивой тенденции сокращения получаемых с хлебом питательных веществ, белков, минеральных веществ с целью получения продукта с более высоким содержанием полноценного белка и со сбалансированным соотношением питательных веществ. В качестве одного из кардинальных путей повышения содержания белка можно выделить выработку муки из пшеницы с последующим смешиванием ее с мукой из нута, которая имеет содержания белка и растворимых углеводов в 3 и 2,6 раза больше, а крахмала и пищевых волокон меньше в 3 и 2,3 раза [19].

Специалисты-технологи выработали рекомендации по производству особо полезной продукции из нута при условии сохранения и перенастройки базового основного оборудования объекта исследования, но с изменением схемы технологического процесса операции по измельчению сырья, что не требует значительных финансовых вложений.

Раскроем возможности еще одного вида инновационных технологий, учитывающего рос-

сийские и мировые тренды по производству муки на базе добавления натуральных пищевых красителей. Необходимость данных разработок обусловлена динамичным развитием количества и увеличением мощностей предприятий кондитерской промышленности и индивидуальных предпринимателей, в том числе в Воронежской области. Стабильный рост спроса на торты, пирожные, печенье, пряники и другую кондитерскую продукцию при усилении конкуренции ее производителей обуславливает необходимость использования конкурентных преимуществ, в том числе на основе изготовления разноцветной выпечки. Сегодня кондитеры применяют в процессе окрашивания натуральные или искусственные красители, добавляя их в тесто. При условии организации производства окрашенной муки в промышленных масштабах, не требующего изменения действующих технологий и высоких затрат на техническое переоборудование, но не имеющих аналогов на территории региона, процесс кондитерского производства может стать более безопасным и менее трудоемким. Маркетинговые исследования показали, что разноцветная мука будет востребована и обычными покупателями, особенно семьями с детьми.

В целях обеспечения безопасности готовой продукции мукомольным предприятиям рекомендовано использовать натуральные пищевые красители. В качестве сырья для их изготовления используют широкий спектр растений и отходы их переработки на предприятиях пищевой промышленности. Например, для получения красных красителей используют свеклу и ягоды малины, брусники, вишни; синий цвет можно получить на основе ягод черники или голубики; зеленый цвет получается переработкой шпината [18].

Для обоснования точки зрения авторов проведены расчеты экономических показателей, которые включали определение себестоимости, рентабельности продаж, цены реализации и прибыли одной тонны муки пшеничной, муки пшеничной витаминизированной, муки пшеничной с добавлением нута и муки окрашенной. В целом рентабельность производства при внедрении рекомендации планируется к увеличению 1,5 до 2,3 процентных пунктов, а прибыль может возрасти более чем на 2,2 млн. руб.

Принципиально новой и развивающейся быстрыми темпами является инновационная технология использования в процессе хранения и реализации продукции отраслевых предприятий «умной» упаковки. Она дает возможность не только защитить муку от потери качества и пищевых свойств при оказании негативного воздействия факторов окружающей среды, но и позволяет покупателю ознакомиться со всеми процессами

изготовления продукции и увидеть этапы, на которых возможно нарушение самого процесса хранения, кражи и злоупотребления поставщиков. Данная инновация создает эффективные коммуникации между потребителями и производителями, повышает значимость бренда как эталона качества в глазах потребителя.

С целью организации максимально эффективной защиты инфраструктурные фасовочно-упаковочные организации используют различные виды упаковки. Однако гибкая пакетированная упаковка, произведенная на основе полимерных пленочных материалов, по объемам применения находится на первом месте. Упаковочный материал изменяет результат процесса прямого воздействия внешней среды на качество упакованного продукта, т. к. непосредственно с ней контактирует упаковка, а упакованный продукт – опосредованно через упаковку [24]. Если упаковочный материал подобран оптимально, то он не будет подвергаться разрушению при перепадах температуры, попадании воды или солнечного света и негативном воздействии других факторов. Но при этом упаковка не должна вступать во взаимодействие с пищевой продукцией, ухудшая ее качественные характеристики и увеличивая объемы отходов. Упаковка должна обеспечивать сохранность на протяжении гарантированного срока хранения продукцию свежей. Это положительно влияет на конкурентоспособность производителя [28].

С точки зрения стратегической перспективы в отраслевых производствах следует рассмотреть возможность использования не только технико-технологических, но и управленческих инноваций. Необходимо рационально организовать деятельность вспомогательных подразделений (свободные площади и складские помещения, транспорт, подъездные пути, погрузо-разгрузочные устройства и др.), что позволит снизить общехозяйственные расходы.

Не менее эффективным управленческим решением может стать и оказание услуг в виде аутсорсинга. На наш взгляд, перспективы использования технического оснащения и опыта сотрудников производственных лабораторий мукомольных предприятий достаточно широки. В качестве доказательства укажем, что за последние пять лет объем лабораторных исследований на отечественном рынке увеличился в 1,14 раза, превысив показатель в 69 млрд. руб. Около 25 % выручки получено от деятельности медицинских, технологических лабораторий и лабораторий контроля качества. Эксперты в перспективе прогнозируют устойчивые темпы роста услуг последних в связи с актуальностью проблем качества пищевой продукции [19]. Это также актуально для Воронежской области, в которой имеются предпосылки роста выпуска хлебобулочной

продукции. Поскольку почти четверть потребления мукомольной продукции в регионе приходится на долю частных пекарен, а также наблюдается тенденция ухудшения хлебопекарного качества мукомольной продукции, в том числе из-за увеличения производства несертифицированной муки, усиливается потребность в услугах по оценке качества мукомольной продукции, которые в области может предоставить несколько лабораторий.

Объект исследования располагает производственно-технологической лабораторией. Лаборатория, являясь самостоятельным структурным подразделением, оснащенным современным оборудованием, контролирует качество сырья и мукомольной продукции, соблюдение правил проведения технологических процессов, проводит исследования в области отраслевых технологических инноваций. Поэтому при условии оформления разрешительных документов (в том числе санитарно-эпидемиологического заключения Роспотребнадзора), прохождения аккредитации и получения лицензии на осуществление деятельности, ее сотрудники могут предоставлять аутсорсинговые услуги в области проведения оценки качества зерна и мукомольной продукции сторонним организациям и населению.

Начальный этап организации работ позволит использовать только наличное оборудование и выполнять минимальный спектр основных исследований. В дальнейшем потребуются проведение модернизации лабораторного оборудования с последующим техническим перевооружением в соответствии с появлением технологических инноваций и изменением количества выполняемых работ [22]. Деятельность лаборатории может быть ограничена одним сегментом или диверсифицирована (испытание зерна по показателям безопасности и качества, исследование показателей качества готовой продукции, определение реологических свойств теста, изучение хлебопекарных свойств муки и др.). Проведенный расчет подтвердил финансово-экономическую эффективность проекта: требуемая сумма инвестиций составляет около 1,3 млн. руб., период окупаемости – 4,5 года, затраты на повышение квалификации персонала – 140 тыс. руб. Однако можно выделить и другие преимущества предприятия, которые состоят в существенном расширении традиционной специализации и укреплении его конкурентоспособности.

Таким образом, результатом авторских исследований является не только подтверждение перспектив использования управленческих решений в области цифровых и инновационных технологий, имеющихся в передовой отечественной и зарубежной практике, в деятельности мукомольных предприятий. Внедрение адаптированных к объектам исследования рекомендаций по применению переносных

датчиков положительно повлияет на количественно-качественные показатели зерна в процессе его хранения. Фортификация мучной продукции и внесение биологически активных добавок в муку улучшит ее органолептические и физико-химические показатели. Окрашивание муки с помощью растительных красителей увеличит и расширит рынок сбыта продукции. Оказание аутсорсинговых услуг производственной лабораторией приведет диверсификации деятельности и повышению результативности менеджмента в управлении конкурентными преимуществами организации на отраслевом рынке.

Выводы

Результаты работы положены в основу обоснования перспективности использования цифровых и инновационных технологий в управлении конкурентоспособностью деятельности объектов исследования – предприятий мукомольной промышленности. Проведенные теоретико-методологические изыскания категории конкурентоспособности позволили научно обосновать вывод о том, что в отраслях экономики с динамично изменяющейся конкурентной средой, к которым относится и зерновой рынок, важнейшим инструментом реализации конкурентных преимуществ становится качество как совокупность потребительских свойств продукции.

Анализ эмпирических данных подтвердил наличие положительной динамики мирового и отечественного рынков зерна и продуктов его переработки и дал основание для выделения стран-лидеров в экспорте зерновых культур и основных импортеров муки. Выявлены перспективы России как ведущего мирового производителя пшеницы. Показаны тренды конкурентоспособности отраслевых предприятий Центрально-Черноземного региона. Раскрыты проблемы и определены потенциальные возможности обеспечения качества зерна и мукомольной продукции отечественными предприятиями, включая использование современных отраслевых достижений.

Установлены предпосылки и обоснована целесообразность применения в бизнес-процессах элеваторов цифровых технологий, передового программного обеспечения и интеллектуальных

беспроводных мобильных датчиков для решения задач обеспечения безопасности условий хранения и количественно-качественных показателей зерна.

Базируясь на экспериментах ученых-технологов, подтверждена целесообразность адаптации к объекту исследования сырьевых (ингредиентных) инноваций с использованием технологий фортификации для производства востребованной обогащенной продукции лечебно-профилактического назначения, а также технологий окрашивания муки с помощью натуральных красителей для расширения рынков сбыта продукции. Отмечена необходимость и стратегическая перспективность использования управленческих инноваций в деятельности вспомогательных подразделений предприятий. Разработаны предложения и проведено экономическое обоснование возможности оказания услуг в форме аутсорсинга производственной лабораторией по оценке качества мукомольной продукции сторонним организациям и населению при условии оформления разрешительных документов.

Результаты исследования позволяют рекомендовать ориентацию менеджмента предприятий на применение в практической деятельности рассмотренных цифровых и инновационных технологий будет способствовать решению приоритетной задачи достижения и удержания конкурентных преимуществ в стратегически важном сегменте российской и мировой экономики.

Критерии авторства

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

Конфликт интересов

Автор заявляет 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. Андерсен, Б. П. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования / Б. П. Андерсен. – М.: РИА, 2007. – 272 с.
2. Аронов, И. З. Аутсорсинг: «за» и «против» / И. З. Аронов // Методы менеджмента качества. – 2002. – № 9. – С. 14–17.
3. Инновационные решения в управлении качеством продукции мукомольных предприятий / С. К. Мизанбекова, И. П. Богомолова, Н. М. Шатохина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 3. С. 152–160. DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-152-160>.
4. Managing adaptive development of the Russian food industry / I. P. Bogomolova, N. M. Shatokhina, A. V. Bogomolov [et al.] // International Journal of Applied Business and Economic Research. – 2017. – Vol. 15, № 13. – P. 161–170.

5. Improvement of the resource potential management in socially important enterprises of agricultural sector / I. P. Bogomolova, N. M. Shatokhina, A. V. Bogomolov [et al.] // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2016. – Vol. 11, № 6. – P. 1235–1242. DOI: <https://doi.org/10.3923/jeasci.2016.1235.1242>.
6. Балукова, М. В. Затраты на качество: от теории к практике / М. В. Балукова // *Методы менеджмента качества*. – 2005. – № 3. – С. 8.
7. Богданова, М. В. Методы менеджмента качества / М. В. Богданова. – Минск : Матезис, 2018. – С. 352–376.
8. Воронин, Г. Е. Станки, инструмент и качество / Г. Е. Воронин // *Стандарты и качество*. – 2005. – № 1.
9. Герасимов, Б. И. Управление качеством / Б. И. Герасимов, Н. В. Злобина, С. П. Спиридонов. – М. : КноРус, 2007. – 272 с.
10. Данилов, И. М. Бенчмаркинг – эффективный инструмент повышения конкурентоспособности / И. М. Данилов, С. Е. Михайлова, Т. П. Данилова. – СПб. : Грофа, 2017. – 343 с.
11. Ефимов, В. В. Средства и методы управления качеством / В. В. Ефимов. – М. : КноРус, 2018. – 226 с.
12. Управление качеством / С. А. Зайцев, И. Е. Парфеньева, О. Ф. Вячеслава [и др.]. – Новосибирск : СибАК, 2016. – 468 с.
13. Михайлова, М. Р. Бенчмаркинг – универсальный инструмент управления качеством / М. Р. Михайлова // *Методы менеджмента качества*. – 2003. – № 5.
14. Мизанбекова, С. К. Приоритетные направления регулирования агропродовольственного рынка / С. К. Мизанбекова, Б. Б. Калыкова, Г. К. Нурманбекова // *Проблемы агрорынка*. – 2019. – № 1. – С. 30–39.
15. Мизанбекова, С. К. Комплексный подход использования цифровых технологий сельскохозяйственными формированиями / С. К. Мизанбекова, Г. К. Нураманбекова // *Цифровое сельское хозяйство региона: основные задачи, перспективные направления и системные эффекты* : Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Омск, 2019. – С. 101–105.
16. Мизанбекова, С. К. Стратегический вектор развития мукомольно- крупяной промышленности Казахстана / С. К. Мизанбекова, Г. К. Нурманбекова // *Вестник Карагандинского университета. Серия Экономика*. – 2019. – Т. 93, № 1. – С. 121–129.
17. Молодой ученый [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://moluch.ru/archive/>. – Дата обращения: 23.05.2020.
18. Официальный сайт АО «МК «Воронежский» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mkvoronezh.ru/>. – Дата обращения: 23.05.2020.
19. Пустыльник, Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е. И. Пустыльник. – М. : Наука, 1968. – 288 с.
20. Evaluation of technical and economic level of enterprises in the aspect of formation of the digital technology platform / L. T. Pechenaya, L. N. Ivanovashvets, I. P. Bogomolova [et al.] // *11th International conference of education, research and innovation (ICERI2018) : conference proceedings*. – Seville, 2018. – P. 4605–4612. DOI: <https://doi.org/10.21125/iceri.2018.2042>.
21. Салимова, Т. А. Управление качеством / Т. А. Салимова. – М. : Омега-Л, 2011. – 416 с.
22. Свешников, А. А. Прикладные методы теорий случайных функций / А. А. Свешников. – СПб. : Лань, 2012. – 464 с.
23. Система сбалансированных показателей как базис повышения стоимости компании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.goodstudents.ru/assortimentanalysis/1398ssp.html>. – Дата обращения: 23.05.2020.
24. Современное хлебопечение России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://modernbakermoscow.ru.messefrankfurt.com>. – Дата обращения: 23.05.2020.
25. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://voronezhstat.gks.ru/>. – Дата обращения: 23.05.2020.
26. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>. – Дата обращения: 23.05.2020.
27. Фрейдина, Е. В. Управление качеством / Е. В. Фрейдина. – М. : Омега-Л, 2012. – 189 с.
28. Черников, Б. В. Управление качеством программного обеспечения / Б. В. Черников. – М. : Форум, 2017. – 368 с.

References

1. Andersen BP. *Biznes-protsessy. Instrumenty sovershenstvovaniya* [Business Processes. Improvement tools]. Moscow: RIA. Standarty i kachestvo; 2007. 272 p. (In Russ.).
2. Aronov IZ. Outsourcing: «za» i «protiv» [Outsourcing: “for” and “against”]. *Methods of Quality Management*. 2002;(9): 14–17. (In Russ.).
3. Mizanbekova SK, Bogomolova IP, Shatohina NM, Bogomolov AV. Innovative decisions in the production quality control of flour milling. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2018;48(3):152–160. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-3-152-160>.

4. Bogomolova IP, Shatokhina NM, Bogomolov AV, Strypchikh ES, Plekanova IV. Managing adaptive development of the Russian food industry. *International Journal of Applied Business and Economic Research*. 2017;15(13):161–170.
5. Bogomolova IP, Shatokhina NM, Bogomolov AV, Strypchikh ES, Plekanova IV. Improvement of the resource potential management in socially important enterprises of agricultural sector. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2016;11(6):1235–1242. DOI: <https://doi.org/10.3923/jeasci.2016.1235.1242>.
6. Balukova MV. Zatraty na kachestvo: ot teorii k praktike [Costs of quality: from theory to practice]. *Methods of Quality Management*. 2005;(3):8. (In Russ.).
7. Bogdanova MV. *Methods of quality management*. – Minsk: Matezis; 2018. 352–376 p. (In Russ.).
8. Voronin GE. Stanki, instrument i kachestvo [Machines, tools, and quality]. *Standards and Quality*. 2005;(1). (In Russ.).
9. Gerasimov BI, Zlobina NV, Spiridonov SP. *Upravlenie kachestvom [Quality management]*. Moscow: KnoRus; 2007. 272 p. (In Russ.).
10. Danilov IM, Mikhaylova SE, Danilova TP. Benchmarking – ehffektivnyy instrument povysheniya konkurentosposobnosti [Benchmarking as an effective tool of improving competitiveness]. St. Petersburg: Grofa; 2017. 343 p. (In Russ.).
11. Efimov VV. *Sredstva i metody upravleniya kachestvom [Means and methods of quality management]*. Moscow: KnoRus; 2018. 226 p. (In Russ.).
12. Zaytsev SA, Parfen'eva IE, Vyacheslavova OF, Blinkova ES, Lartseva TA. *Upravlenie kachestvom [Quality management]*. Novosibirsk: SibAK; 2016. 468 p. (In Russ.).
13. Mikhaylova MR. Benchmarking – universal'nyy instrument upravleniya kachestvom [Benchmarking – a universal quality management tool]. *Methods of Quality Management*. 2003;(5). (In Russ.).
14. Mizanbekova SK, Kalykova BB, Nurmanbekova GK. Priority directions of regulation of agri-food market. *Problems of Agrimarket*. 2019;(1):30–39. (In Russ.).
15. Mizanbekova SK, Nurmanbekova GK. Kompleksnyy podkhod ispol'zovaniya tsifrovyykh tekhnologiy sel'skokhozyaystvennyimi formirovaniyami [An integrated approach to the use of digital technologies by agricultural groups]. *Tsifrovoe sel'skoe khozyaystvo regiona: os-novnye zadachi, perspektivnye napravleniya i sistemnye ehffekty: Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Digital agriculture of the region: main tasks, promising directions and system effects: Collection of materials of the international scientific-practical conference]*; 2019; Omsk. Omsk: Omsk State Agrarian University P.A. Stolypin; 2019. pp. 101–105. (In Russ.).
16. Mizanbekova SK, Nurmanbekova GK. Strategic development vector of the flour-milling and cereal industry of Kazakhstan. *Bulletin of the Karaganda University. Economy Series*. 2019;93(1):121–129. (In Russ.).
17. Young Scientist [Internet]. [cited 2020 May 23]. Available from: <http://moluch.ru/archive/>.
18. Ofitsial'nyy sayt AO “MK “Voronezhskiy” [Official website of JSC “MK “Voronezh”] [Internet]. [cited 2020 May 23]. Available from: <https://mkvoronezh.ru/>.
19. Pustyl'nik EI. *Statisticheskie metody analiza i obrabotki nablyudeniy [Statistical methods for the analysis and processing of observations]*. Moscow: Nauka; 1968. 288 p. (In Russ.).
20. Pechenaya LT, Ivanovashvets LN, Bogomolova IP, Domarev IE, Bogomolov AV. Evaluation of technical and economic level of enterprises in the aspect of formation of the digital technology platform. 11th International conference of education, research and innovation (ICERI2018): conference proceedings; 2018; Seville. Seville: IATED Academy; 2018. pp. 4605–4612. DOI: <https://doi.org/10.21125/iceri.2018.2042>.
21. Salimova TA. *Upravlenie kachestvom [Quality management]*. Moscow: Omega-L; 2011. 416 p. (In Russ.).
22. Sveshnikov AA. *Prikladnye metody teorii sluchaynykh funktsiy []*. St. Petersburg: Lan; 2012. 464 p. (In Russ.).
23. Sistema sbalansirovannykh pokazateley kak bazis povysheniya stoimosti kompanii [System of balanced indicators as a basis for increasing the value of the company] [Internet]. [cited 2020 May 23]. Available from: <http://www.goodstudents.ru/assortimentanalysis/1398ssp.html>.
24. Sovremennoe khlebopechenie Rossii [Modern bread baking in Russia] [Internet]. [cited 2020 May 23]. Available from: <https://modernbakermoscow.ru.messefrankfurt.com>.
25. Territorial'nyy organ Federal'noy sluzhby gosudarstvennoy statistiki po Voronezhskoy oblasti [The territorial body of the Federal State Statistics Service for the Voronezh Region] [Internet]. [cited 2020 May 23]. Available from: <http://voronezhstat.gks.ru/>.
26. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Federal State Statistics Service] [Internet]. [cited 2020 May 23].

Available from: <http://www.gks.ru/>.

27. Freydina EV. Upravlenie kachestvom [Quality management]. Moscow: Omega-L; 2012. 189 p. (In Russ.).

28. Chernikov BV. Upravlenie kachestvom programmogo obespecheniya [Quality management software]. Moscow: Forum; 2017. 368 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Мизанбекова Салима Каспиевна

д-р экон. наук, профессор кафедры менеджмент и организация агробизнеса, НАО «Казахский национальный аграрный университет», 050010, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. Абая, 8, тел.: +7 (727) 262-19-59, e-mail: Salima-49@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7602-9710>

Богомолова Ирина Петровна

д-р экон. наук, заведующая кафедрой управления, организации производства и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

 <https://orcid.org/0000-0001-5883-1294>

Шатохина Наталья Митрофановна

канд. экон. наук, доцент кафедры управления, организации производства и отраслевой экономики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19

Information about the authors

Salima K. Mizanbekova

Dr.Sci.(Econ.), Professor of the Department of Management and Organization of Agribusiness, Kazakh National Agrarian University, 8, Abay Ave., Almaty, 050010, Republik of Kazakhstan, phone: +7 (727) 262-19-59, e-mail: Salima-49@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7602-9710>

Irina P. Bogomolova

Dr.Sci.(Econ.), Head of the Department of Management, Organizations Manufacturing and Industrial Economy, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia

 <https://orcid.org/0000-0001-5883-1294>

Nataliya M. Shatohina

Cand.Sci.(Econ.), Assistant of the Department of Management, Organizations Manufacturing and Industrial Economy, Voronezh State University of Engineering Technologies, 19, Revolution Ave., 394036, Voronezh, Russia

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 не менее 30–35 тыс. знаков (не включая списки литературы на русском и английском языках). Объем обзорной рукописи – более 35 тыс знаков.

Оформление текста (форматирование): поля по 20 мм, одинарный интервал без переносов, лишних пробелов и абзацных интервалов, шрифт Times New Roman, 10 кегль. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Графики, диаграммы и т.п. (желательно цветные), созданные средствами 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

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>.

<i>Ворошилин Р. А., Курбанова М. Г., Рассолов С. Н., Ульрих Е. В.</i> Качественные характеристики мяса кроликов при включении в рацион экстракта эхинацеи пурпурной (<i>Echinacea purpurea</i> L.).....	185	ных систем производства инстантированных напитков с добавлением амарантовой муки.....	273
<i>Петрова С. Н., Максимова И. А.</i> Определение токоферолов в соевой окаре методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.....	194	<i>Мистенева С. Ю., Савенкова Т. В., Демченко Е. А., Щербакова Н. А., Герасимов Т. В.</i> Актуальность создания специализированных кондитерских изделий для питания детей старше трех лет.....	282
<i>Резниченко И. Ю., Рензяева Т. В., Рензяев А. О.</i> Состав и регламентируемые показатели качества карамели функциональной направленности.....	204	<i>Шатнюк Л. Н., Вржесинская О. А., Коденцова В. М., Матвеева А. Е.</i> Перспективы повышения витаминной ценности пищевых концентратов – бульонных кубиков....	296
<i>Бочкарева З. А., Волишенкова Е. С.</i> Совершенствование технологии мучных кулинарных изделий с использованием концентрата хлореллы.....	212	<i>Агаркова Е. Ю., Рязанцева К. А., Кручинин А. Г.</i> Противодиабетическая активность белков молочной сыворотки.....	306
<i>Мухортова А. М., Узбекова О. Р., Лыжов И. И.</i> Анализ данных технохимического состава европейской химеры (<i>Chimaera monstrosa</i>) Северной Атлантики.....	222	<i>Ростовская М. Ф., Боярова М. Д., Клыков А. Г.</i> Влияние условий замачивания ячменя на содержание белковых веществ в солоде.....	319
<i>Урубков С. А., Хованская С. С., Смирнов С. О.</i> Перспективы использования амаранта и непропаренной гречихи в сухих безглютеновых смесях для детей с непереносимостью глютена.....	232	<i>Салищева О. В., Просеков А. Ю., Долганюк В. Ф.</i> Исследование антимикробной активности моноядерных и биядерных нитритных комплексов платины (II) и платины (IV).....	329
<i>Фазуллина О. Ф., Пономарева С. М., Смирнов С. О., Семенова Л. И.</i> Содержание селена в макаронных изделиях на основе полбяной и гречневой муки, а также овощных порошков.....	242	<i>Грязнова Н. Л., Коновалова О. В., Пleshкова Н. А.</i> Возможности метода SERVQUAL для анализа сервиса в розничной торговле.....	343
<i>Короткая Е. В., Короткий И. А., Васильев К. И., Остроумов Л. А.</i> Моделирование кристаллизации влаги при замораживании бактериальных заквасок.....	252	<i>Стаценко Е. С., Литвиненко О. В., Корнева Н. Ю., Штарберг М. А., Бородин Е. А.</i> Разработка технологии получения соево-тыквенных десертов функционального назначения.....	351
<i>Майтаков А. Л., Сарафанов А. А.</i> Перспективы развития безотходных технологий на основе растительного сырья и молочной сыворотки.....	261	<i>Горбатовский А. А., Ракитянская И. Л., Каледина М. В.</i> Технология производства продуктов из фарша тресковых механической обвалки.....	361
<i>Попов А. М., Плотников К. Б., Иванов П. П., Дonya Д. В., Пачкин С. Г., Плотникова И. О.</i> Моделирование мехатрон-		<i>Мизанбекова С. К., Богомолова И. П., Шатохина Н. М.</i> Перспективы использования цифровых и инновационных технологий в управлении конкурентоспособностью предприятий.....	372



CONTENTS



<i>Voroshilin R.A., Kurbanova M.G., Rassolov S.N., Ulrikh E.V.</i> Rabbit Dietary Supplementation with <i>Echinacea purpurea</i> L.: The Quality Profile of Rabbit Meat.....	185	Simulation of Mechatronic Systems of Production.....	273
<i>Petrova S.N., Maximova I.A.</i> Tokopherols in Okara (Soy Pulp): Highly Efficient Liquid Chromatography.....	194	<i>Misteneva S.Yu., Savenkova T.V., Demchenko E.A., Shcherbakova N.A., Gerasimov T.V.</i> Rationale for Targeted Confectionery Products for Children over Three Years Old.....	282
<i>Reznichenko I.Yu., Renzyaeva T.V., Renzyaev A.O.</i> Composition and Quality Standards of Functional Caramel.....	204	<i>Shatnyuk L.N., Vrhiesinskaya O.A., Kodentsova V.M., Matveeva A.E.</i> Prospects for Increasing the Vitamin Value of Food Concentrates: Bouillon Cubes.....	296
<i>Bochkareva Z.A., Volshenkova E.S.</i> Advanced Production Technology of Flour-Based Foods with Chlorella Concentrate.....	212	<i>Agarkova E.Yu., Ryazantseva K.A., Kruchinin A.G.</i> Anti-Diabetic Activity of Whey Proteins.....	306
<i>Mukhortova A.M., Uzbekova O.R., Lyzhov I.I.</i> Technological Composition Analysis of the Rabbitfish (<i>Chimaera monstrosa</i>) in the North Atlantic.....	222	<i>Rostovskaya M.F., Boyarova M.D., Klykov A.G.</i> Effect of Various Barley Steeping Conditions on the Content of Albuminous Substances in the Malt.....	319
<i>Urubkov S.A., Khovanskaya S.S., Smirnov S.O.</i> Prospects for Using Amaranth and Native Buckwheat in Dry Gluten-Free Mixes for Children with Gluten Intolerance.....	232	<i>Salishcheva O.V., Prosekov A.Yu., Dolganyuk V.F.</i> Antimicrobial Activity of Mononuclear and Bionuclear Nitrite Complexes of Platinum (II) and Platinum (IV).....	329
<i>Fazullina O.F., Ponomareva S.M., Smirnov S.O., Semenova L.I.</i> Selenium Content in Spelt, Buckwheat, and Vegetable Pasta.....	242	<i>Gryaznova N.L., Konovalova O.V., Pleshkova N.A.</i> SERVQUAL Method in Retail Service Assessment.....	343
<i>Korotkaya E.V., Korotkiy I.A., Vasiliev K.I., Ostroumov L.A.</i> Modeling of Moisture Crystallization of Bacterial Starter Cultures during Freezing.....	252	<i>Statsenko E.S., Litvinenko O.V., Korneva N.Yu., Shtarberg M.A., Borodin E.A.</i> New Technology for Functional Dessert Production Based on Soy and Pumpkin.....	351
<i>Maytakov A.L., Sarafanov A.A.</i> Plant- and Whey-Based Sustainable Technology: Development Potential.....	261	<i>Gorbatovskiy A.A., Rakityanskaya I.L., Kaledina M.V.</i> Food Processing from Mechanically Deboned Minced Cod.....	361
<i>Popov A.M., Plotnikov K.B., Ivanov P.P., Donya D.V., Pachkin S.G., Plotnikova I.O.</i> Instant Drinks with Amaranth Flour:		<i>Mizanbekova S.K., Bogomolova I.P., Shatohina N.M.</i> Prospects for Digital and Innovative Technologies in Management Competitiveness of Enterprises.....	372