Кемеровский государственный университет
Объединяем знания и людей

Техника и технология пищевых производств

Food Processing: Techniques and Technology

Том 49
Номер 4
2019

ISSN 2074-9414
E-ISSN 2313-1748

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ
(FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY)

Издается с 1998 года
ISSN 2074-9414 (Print) ISSN 2313-1748 (Online)

№ 4 (49) 2019

16+

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

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

Главный редактор:
А.Ю. Просеков, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия.

Зам. главного редактора:
А.Н. Петров, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, Видное, Россия;
О.О. Бабич, Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия.

Редакционная коллегия:
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;
Г.М. Грищенко, Сибирский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра 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. Заушинцена, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
В.Г. Лобанов, Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия;
Г.О. Магомедов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия;
Л.А. Маюрникова, Кемеровский государственный университет, Кемерово, Россия;
В.М. Позняковский, Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия;
В.Н. Попов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия;
С.Л. Тихонов, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия;
О.А. Фролова, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, Княгинино, Россия;
В.Н. Хмелев, Бийский технологический институт, Алтайского государственного технического университета, Бийск, Россия;
А.Г. Храмцов, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия;
Д. Аккар, Университет Осиек, Осиек, Хорватия;
Г. Винберг, Каролинский институт, Стокгольм, Швеция;
К. Кинер, Южно-Китайский технологический университет, Гуанчжоу, Китай;
М. Раби, Заказикский университет, Шаркия, Египет;
Х. Сахин, университет Гиресун, Гиресун, Турция;
М. Тиман, университет Тун Абдул Разак, Куала Лумпур, Малайзия.

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

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.

Дата выхода в свет 09.12.19.
Усл. п. л. 21,7, уч.-изд. л. 40,12. 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.

FOOD PROCESSING: TECHNIQUES AND TECHNOLOGY

Issued since 1998
ISSN 2074-9414 (Print) ISSN 2313-1748 (Online)

No. 4, Vol. 49, 2019

The Journal is dedicated to the topical issues of food industry and interfacing areas of science. Our mission is to create, aggregate, and spread scientific information related to food industry. The Journal stimulates scientific communication between academia and manufacturers. We publish scientific papers of theoretical and empirical nature to promote new technologies and innovative ideas, bridge the gap between regional, federal, and international scientific publications, and educate qualified specialists.

The Journal of Food Processing: Techniques and Technology publishes scientific papers, reports, peer reviews, brief scientific communications, letters to the editor, and related news items.

The Journal welcomes submissions from scholars in all relevant fields on: food production technology; food production processing and equipment; food hygiene; biotechnology; food standardization, certification, quality and safety; chemistry and ecology; economics; automation and informational support of technological processes. For submission instructions, subscription and all other information visit this journal online at http://fptt.ru.

Editor-in-Chief
Alexander Yu. Prosekov, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia.

Deputy Chief Editor
Andrey N. Petrov, All-Russia Scientific Research Institute of Canned Food Technology, Vidnoe, Russia;
Olga O. Babich, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia.

Editorial Board
Svetlana M. Bychkova, St. Petersburg State Agrarian University, Pushkin, Russia;
Aram G. Galstyan, All-Russia Dairy Research Institute, Moscow, Russia;
Irina A. Ganieeva, Research and Academic Centre 'Kuzbass', Kemerovo, Russia;
Ivan F. Gorlov, Povolzhsky Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products, Volgograd, Russia;
Galina M. Gritsenko, Siberian Research Institute of Agricultural Economics, Barnaul, 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, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;
Vladimir G. Lobanov, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia;
Gazibeg O. Magomedov, Voronezh State University of Engineering Technology, Voronezh, Russia;
Larisa A. Mayurnikova, Kemerovo State University, Kemerovo, Russia;
Valeriy M. Poznyakovskiy, Kuzbass State agricultural Academy;
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 Ingineering-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;
Đurdica Ačkar, 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.

All articles are published and distributed under the CC BY 4.0. Opinions of the authors of published materials do not always coincide with the editorial staff's viewpoint. Authors are responsible for the scientific content of their papers.
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.

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

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

Founder: KemSU, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia. © 2019, KemSU.

Date of issue 09.12.19.
Printed sheet 21,7, conventional printed sheet 40,12. 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.

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-505-512
Оригинальная статья
УДК 635.8:641.52
http://fptt.ru/

Перспективы разработки технологии и рецептур грибных соусов на основе вешенки обыкновенной

А. А. Дриль

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

e-mail: drilnaska@gmail.com

Дата поступления в редакцию: 23.09.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© А. А. Дриль, 2019

Аннотация.
Введение. Вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus*) является одним из широко культивируемых грибов в России. В рецептурах продукции общественного питания, в частности в грибных соусах, перспективно использовать вешенку в переработанном виде в форме пастообразного полуфабриката. Целью настоящей работы является разработка рецептур и технологии приготовления холодных и горячих грибных соусов на основе пастообразного полуфабриката из культивируемой вешенки обыкновенной.
Результаты и их обсуждение. Рациональной технологией переработки вешенки в полуфабрикат является измельчение ножек плодового тела гриба с одновременной тепловой обработкой. В качестве вкусоароматической добавки в соусах использовались измельченные до порошкообразного состояния белые грибы, лисички (грибные соли) и другие ингредиенты в соответствии с рецептурами. Рецептуры соусов составлены на основе математического моделирования продукции методом линейного программирования, целью которого является получение продукции с минимальной энергетической ценностью. На основе рассчитанных рецептур были приготовлены образцы горячих и холодных соусов, получившие высокие баллы по органолептическим показателям. Результаты реологических исследований образцов соусов показали, что полуфабрикат рационально вводить в диапазоне концентраций от 30 % до 50 % в зависимости от желаемой консистенции готового соуса. Для образцов соусов был проведен расчет пищевой и энергетической ценности с учетом доли от среднесуточной потребности.
Выводы. Разработанные технологии и рецептуры соусов на основе пастообразного полуфабриката из вешенки обыкновенной позволят значительно расширить ассортимент грибных соусов на потребительском рынке и разнообразить вкус различных видов продукции общественного питания.

Ключевые слова. Грибы, *Pleurotus ostreatus*, соусы, рецептуры, питание, органолептические показатели, реологические показатели

Для цитирования: Дриль, А. А. Перспективы разработки технологии и рецептур грибных соусов на основе вешенки обыкновенной / А. А. Дриль // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 505–512. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-505-512.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Prospects of Technology and Formulation Development for Sauces Based on Oyster Mushrooms

A.A. Dril

Novosibirsk State Technical University,
20, Karla Marksa Ave., Novosibirsk, 630073, Russia

e-mail: drilnaska@gmail.com

Received: September 23, 2019
Accepted: November 15, 2019

© A.A. Dril, 2019

Abstract.
Introduction. Oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) are one of the most cultivated mushrooms in Russia. Oyster mushroom sauce has a greater potential for public catering when used in processed state as a semi-finished paste. The research objective was to develop a technology of hot and cold mushroom sauces based on paste-like semi-finished product from cultivated oyster mushrooms.

Results and discussion. A rational technology for processing oyster mushrooms into a semi-finished paste included simultaneous grinding and heat-treatment of mushroom stipes. Fine powders of dried white mushrooms and chanterelles, which are also called mushroom salts, were used as a flavoring additive, including some other ingredients according to the formulations. The sauce formulations were composed using linear programming mathematical modelling method to obtain products with certain sensory characteristics and minimal energy value. The calculated formulations were used to prepare hot and cold sauce samples, which received high scores during sensory evaluation. The results of rheological evaluation showed that the concentration of the paste was rational in the range from 30% to 50% depending on the desired consistency of the sauce. For sauce samples, nutritional and energetic value was calculated based on the average daily requirements.
Conclusion. The developed technologies and formulations of mushroom sauces based on paste-like semi-finished product from oyster mushroom can widely improve the range of mushroom sauces on consumer market and diversify the taste of different kinds of public catering products.

Keywords. Mushrooms, *Pleurotus ostreatus*, sauces, recipes, nutrition, sensory indicators, rheological indicators

For citation: Dril AA. Prospects of Technology and Formulation Development for Sauces Based on Oyster Mushrooms. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):505–512. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-505-512.

Введение

Одним из направлений развития общественного питания является расширение ассортимента продукции на основе натурального растительного сырья с доступной технологией выращивания и переработки. К такому виду сырья относятся грибы, которые по пищевой ценности превосходят многие овощи и фрукты, а по химическому составу и ряду признаков приближаются к продуктам животного происхождения.

Использование грибного сырья в производстве продукции общественного питания может быть осуществлено путем производства соусов на их основе. Соусы могут использоваться как при приготовлении блюд, так и подаваться к ним отдельно с целью улучшения их внешнего вида, цвета, вкуса и запаха, а в некоторых случаях и для повышения пищевой и энергетической ценности. Улучшение усвояемости основного блюда достигается за счет содержания в соусе экстрактивных, ароматических и вкусовых веществ, усиливающих секрецию пищеварительных желез.

Грибные соусы подходят практически к любым видам блюд: мясным, рыбным, овощным, мучным и крупяным. Их используют как в горячем, так и в холодном виде [1].

Перспективным в технологии грибных соусов является использование в качестве основного ингредиента культивируемого гриба вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*). С увеличением темпа роста производства в России культивируемых грибов, в том числе вешенки обыкновенной, возникают проблемы сохранности и переработки, так как данное сырье является скоропортящимся. Отсутствует производственная система комплексной переработки вешенки, необходимость которой возникает везде, где культивируется данный вид грибов.

Известно, что вешенка обыкновенная содержит необходимое количество белков, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, а также обладает лечебно-профилактическими свойствами [2–13]. Вешенка может кратковременно храниться в охлажденном и упакованном состоянии в сети розничной торговой, а также для производства продукции общественного питания. Являясь продуктом с высокой влажностью, вешенка обыкновенная традиционно подвергается различным видам переработки для длительного хранения (сушке, посолу, маринованию) [14–16]. Актуальной является переработка вешенки на полуфабрикаты с последующим их использованием в производстве соусов.

Целью работы является разработка рецептур и технологии приготовления холодных и горячих грибных соусов на основе пастообразного полуфабриката из культивируемой вешенки обыкновенной.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования в работе стали: вешенка обыкновенная культивируемая ООО ТПК «Лукошко» (г. Новосибирск); белые грибы и лисички сушеные; мука пшеничная; сливки 10 % жирности; сметана 15 % жирности; йогурт; масло сливочное; сыр «Российский»; масло оливковое; укроп свежий; петрушка свежая; свекла; соль. Продукты были приобретены в розничной торговой сети города Новосибирска методом случайной выборки.

Методы исследования: математическое моделирование методом линейного программирования, метод органолептического анализа, реологические исследования, теоретический метод расчета пищевой ценности.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе исследований осуществляли подготовку рецептурных компонентов соусов. Для получения пастообразного полуфабриката из вешенки обыкновенной отделяли шляпки от друз и проводили их тепловую обработку. Следуя принципу получения оптимального результата, на основе анализа исходного множества решений технологический процесс осуществляли тремя путями:

– технология № 1 – тепловая обработка сырой вешенки; измельчение грибов после тепловой обработки; соединение с загустителем.
– технология № 2 – измельчение сырой вешенки; тепловая обработка измельченных грибов; соединение с загустителем.
– технология № 3 – измельчение сырой вешенки с одновременной тепловой обработкой; соединение с загустителем.

При апробации технологий № 1 и 2 тепловая обработка грибов осуществлялась в пароконвектомате в режиме «пар» при 100 °С и 40 и 50 мин для шляпок и ножек соответственно, а также в режиме «пар/жар» при 130 °С и 30 и 40 мин для ножек и шляпок соответственно. При апробации технологии № 3 измельчение с одновременной тепловой обработкой осуществлялось в куттере при режиме 160 °С и 20 и 30 мин для шляпок и ножек соответственно, а также при 130 °С и 30 и 40 мин для ножек и шляпок соответственно.

Сравнительный анализ проводили на основании определения потерь массы. Режимы технологии № 1 привели к потери массы шляпок и ножек 22,5 % и 12,2 % соответственно, технологии № 2 – 13,4 % и 6,8 %, технологии № 3 – 6,3 % и 3,6 %. Наименьшие потери массы наблюдаются у полуфабриката из ножек вешенки при применении технологии № 3. Это позволяет рекомендовать ножки для их тепловой обработки, осуществляемой одновременно с измельчением и гомогенизацией с загустителем в куттере-блендере с функцией подогрева. На изготовление 1 кг готового полуфабриката требовалось около 1,33 кг сырых грибов.

Для приготовления грибных полуфабрикатов из сушеных белых грибов и лисичек (грибных солей) их измельчали до порошкообразного состояния.

На следующем этапе исследований методом линейного программирования проводили моделирование рецептур соусов, основой которых являлся пастообразный полуфабрикат из вешенки обыкновенной. Для каждого образца была составлена математическая модель, включающая ограничения по вложению ингредиентов с целью получения продукта с заданными органолептическими свойствами и минимальной энергетической ценностью [17].

Минимальная энергетическая ценность продукта определяется соотношением в его содержании белков, жиров и углеводов.

Расчет минимального количества по каждому из пищевых ингредиентов в общем виде представлен в формулах:

$$a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + ... + a_nX_n \le A_n \quad (1)$$

$$b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + ... + b_nX_n \le B_n \quad (2)$$

$$c_1X_1 + c_2X_2 + c_3X_3 + ... + c_nX_n \le C_n \quad (3)$$

где a_1, a_2, a_3, ..., a_n – массовая доля белка в каждом из видов сырья;

b_1, b_2, b_3, ..., b_n – массовая доля жиров в каждом из видов сырья;

c_1, c_2, c_3, ..., c_n – массовая доля углеводов в каждом из видов сырья;

X_1, X_2, X_3, ..., X_n – искомый удельный вес включения в состав изделия каждого вида сырья;

A_n – содержание белков в образце продукции, г;

B_n – содержание жиров в образце продукции, г;

C_n – содержание углеводов в образце продукции, г.

Получение единицы продукта через удельные веса сырья представлено в формуле:

$$X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_n = 1 \quad (4)$$

Целевая функция при соблюдении граничных условий по формулам (1)–(3) представлена в формуле:

$$F(x) = \{e_1X_1 + e_2X_2 + e_3X_3 + ... + e_nX_n\} \quad (5)$$

где $F(x)$ – минимальное значение энергетической ценности, ккал;

e_1, e_2, e_3, ..., e_n – энергетическая ценность каждого вида сырья, ккал.

На основании результатов моделирования составлены рецептуры образцов горячих и холодных соусов:
– образец № 1 – соус с белыми грибами с использованием мучной пассеровки (горячий) (ингредиенты: вешенка, мука пшеничная, сливки 10 % жирности, грибы белые сушеные, соль);
– образец № 2 – соус с лисичками с использованием мучной пассеровки (горячий) (ингредиенты: вешенка, мука пшеничная, сливки 10 % жирности, лисички сушеные, лук репчатый, масло сливочное, соль);
– образец № 3 – соус сырный с использованием рисового пюре (горячий) (ингредиенты: вешенка, крупа рисовая, сливки 10 % жирности, сыр «Российский», соль);
– образец № 4 – соус тартар (холодный) (ингредиенты: вешенка, свекла, йогурт);
– образец № 5 – соус песто с оливковым маслом (холодный) (ингредиенты: вешенка, укроп свежий, петрушка свежая, сметана 15 % жирности);
– образец № 6 – соус песто со сметаной (холодный) (ингредиенты: вешенка, укроп свежий, петрушка свежая, масло оливковое).

Для каждого из образцов вводились ограничения по закладке ингредиентов. Основой для разработки горячих соусов была рецептура № 557 из «Сборника рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания» [18]. В таблице 1 представлены ограничения для образца № 1. Для остальных образцов ограничения по ингредиентам были заданы аналогичным образом.

Технология приготовления горячих соусов включала в себя:

Таблица 1. Ограничения по закладке ингредиентов для соусов на основе пастообразного полуфабриката из вешенки обыкновенной (на примере образца № 1)

Table 1. Ingredient restrictions for sauces based on the pasty semi-finished product from oyster mushrooms (sample 1)

Наименование ингредиента	Условное обозначение	Ограничения, г/1000 г полуфабриката
Пастообразный полуфабрикат из вешенки обыкновенной	X_1	250–450
Мука пшеничная	X_2	15–25
Сливки 10 %	X_3	90–120
Грибы белые сушеные	X_4	1525
Соль	X_5	10

Таблица 2. Требования к органолептической оценке соусов (на примере образца № 1)

Table 2. Requirements for sensory evaluation of sauces (sample 1)

Показатели качества	Характеристика	Показатели снижения баллов
Внешний вид и консистенция	Однородная вязкая нерасслаивающаяся масса, без посторонних включений, пленок на поверхности, с равномерно распределенными ингредиентами	Масса неоднородная, посторонние включения, комочки, расслаивание, затянутая консистенция, пленка на поверхности
Запах	Приятный, выраженный, свойственный входящим ингредиентам, без посторонних запахов	Присутствует запах муки, слабовыраженный грибной запах, посторонние запахи
Вкус	Приятный, выраженный, свойственный входящим ингредиентам, в меру соленый	Слабовыраженный грибной вкус, посторонние привкусы, вкус мучной пассеровки, слабосоленый, пересоленый
Цвет	Выраженный, однородный, от бежевого до светло-серого, соответствующей цвету основных и дополнительных ингредиентов	Цвет, не соответствующий входящим ингредентам

* за каждый показатель снижения снимается 1 балл;
* 1 point is removed for each reduction indicator.

– подготовку загустителя: пассерование муки пшеничной сухим способом, варка рисовой крупы и ее пюрирование.
– соединение пастообразного полуфабриката из вешенки обыкновенной с загустителем и остальными ингредиентами согласно рецептурам и доведение до кипения.

Технология приготовления холодных соусов включает:
– подготовку растительного сырья: измельчение укропа и петрушки для соусов песто (образцы № 5, 6), для соуса тартар – варку и измельчение свеклы (образец № 4);
– соединение пастообразного полуфабриката из вешенки обыкновенной с остальными ингредиентами согласно рецептурам.

Органолептическая оценка образцов соусов проводилась дегустационной комиссией. Требования к органолептической оценке были определены в соответствии с ГОСТ 31986-2012[1]. По внешнему виду, консистенции, цвету, вкусу и запаху выставлялись баллы, где 5 баллов соответствовало наиболее высокой оценке, 2 балла – наиболее низкой. Требования к органолептической оценке соусов на примере образца № 1 представлены в таблице 2. Для остальных образцов характеристики показателей и показатели снижения баллов были установлены аналогичным образом.

Результаты органолептической оценки образцов № 1–3 (горячие соусы) представлены на рисунке 1.

Для исследуемых образцов горячих соусов получены высокие оценки по органолептическим показателям. Наивысшую оценку по всем показателям получил образец № 1. Чуть меньшие оценки получили образцы № 2 и № 3. Наименьшую оценку по вкусу (4,7 балла) получил образец № 3, что объясняется специфическим сырным вкусом соуса.

Результаты органолептической оценки образцов № 4–6 (холодные соусы) представлены на рисунке 2.

Исследуемые образцы холодных соусов получили высокие оценки по органолептическим показателям. Отмечена специфичность вкуса и запаха образцов № 5 и 6, так как соусы песто, основными ингредиентами которых являются петрушка и укроп, не характерны для российского потребителя. Таким образом, незначительное снижение вкуса и запаха у вышеуказанных образцов объясняется субъективными ощущениями членов дегустационной комиссии, что было отмечено в протоколах дегустации.

Оптимальная концентрация в соусах пастообразного полуфабриката из вешенки обыкновенной подтверждалась путем его внесения в рецептуры

[1] ГОСТ 31986-2012. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания. – М. : Стандартинформ, 2014. – 15 с.

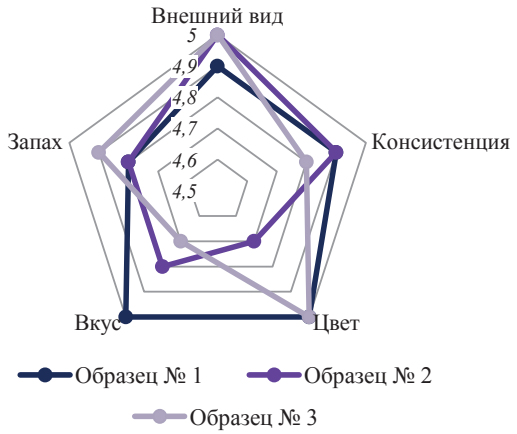


Рисунок 1. Результаты органолептической оценки горячих соусов (образцы № 1–3)

Figure 1. Sensory evaluation of hot sauces (samples 1–3)

соусов в количестве 30 %, 40 % и 50 % от массы готовой продукции. Образцы оценивались по реологическим показателям на ротационном вискозиметре «Реотест-2». На рисунках 3 и 4 представлены результаты исследований напряжений образца № 1 с разными концентрациями пастообразного полуфабриката с мукой пшеничной пассерованной в зависимости от градиента скорости сдвига и эффективной вязкости в зависимости от напряжений.

Анализ зависимостей показывает, что с увеличением доли сдвиговой деформации напряжение сдвига увеличивается. При значении градиента сдвига 243 $с^{-1}$ достигает своих максимальных значений в диапазоне 400–450 Па. С увеличением напряжения сдвига эффективная вязкость соуса снижается и при значениях напряжения более 100 Па находится в области значений ниже 10 Па·с. Таким образом, оптимальная концентрация полуфабриката

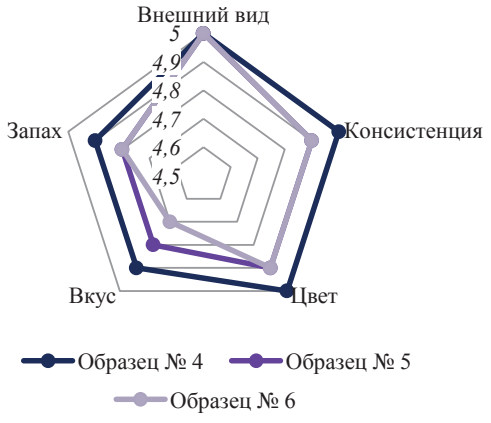


Рисунок 2. Результаты органолептической оценки холодных соусов (образцы № 4–6)

Figure 2. Sensory evaluation of cold sauces (samples 4–6)

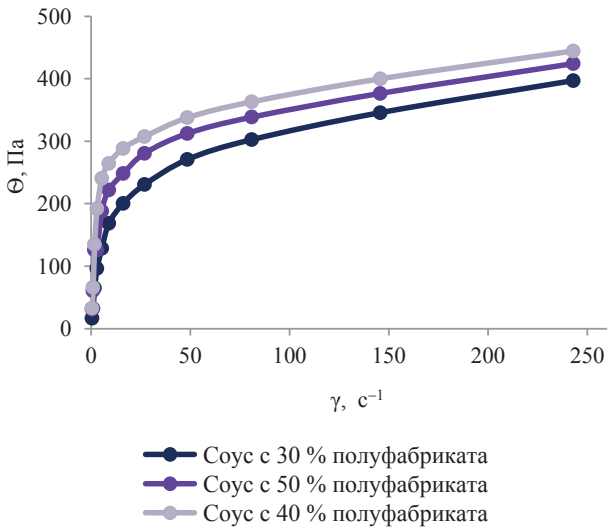


Рисунок 3. Зависимость напряжения от градиента скорости сдвига в образце соуса № 1

Figure 3. Effect of shear rate gradient on stress (sauce sample 1)

может составлять 30 %, 40 % и 50 % и зависит от заданной консистенции соуса.

Аналогичные результаты, подтверждающие полученную закономерность, были получены для других образцов соусов.

Пищевая и энергетическая ценность разработанных образцов соусов определены расчетным путем в соответствии со справочником «Химический состав и калорийность российских продуктов питания» [19]. В таблице 3 представлены данные пищевой ценности разрабатываемых образцов соусов.

У горячих соусов (образцы № 1–3) наибольшее содержание белков, жиров и углеводов наблюдается

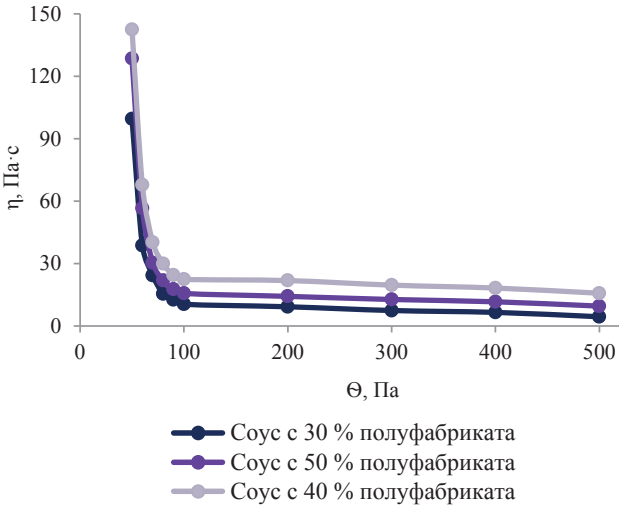


Рисунок 4. Зависимость эффективной вязкости от напряжения в образце соуса № 1

Figure 4. Effect of stress on effective viscosity (sauce sample 1)

Таблица 3. Пищевая ценность образцов грибных соусов
(на 100 г продукции/доля от среднесуточной потребности для взрослых)

Table 3. Nutritional value of samples of mushroom sauces (per 100 g of production/share of the average daily requirement for adults)

Образцы соусов	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Калорийность, ккал	Зольность, г	K, мг
Образец № 1	5,4/6,0 %	4,0/4,4 %	13,5/3,0 %	111/3,9 %	1,72/9,9 %	1,85/0,05 %
Образец № 2	6,6/7,3 %	4,4/4,9 %	15,3/3,4 %	127/4,5 %	1,86/10,8 %	1,79/0,05 %
Образец № 3	7,7/8,6 %	7,6/8,4 %	13,1/2,9 %	152/5,3 %	1,0/5,8 %	0,43/0,01 %
Образец № 4	4,3/4,8 %	3,13,4 %	7,2/1,6 %	74/2,6 %	1,49/8,6 %	0,12/0,003 %
Образец № 5	4,5/5,0 %	4,9/5,4 %	7,6/1,7 %	92/3,2 %	1,66/9,6 %	0,6/0,02 %
Образец № 6	4,8/5,3 %	2,6/2,9 %	8,0/1,8 %	75/2,6 %	1,48/8,6 %	0,12/0,003 %
Образцы соусов	Витамин А, мг	Витамин B_1, мг	Витамин B_2, мг	Витамин РР, мг	Витамин B_5, мг	
Образец № 1	1,75/100,0 %	0,39/20,5 %	0,3/13,5 %	1,38/7,9 %	0,04/0,6 %	
Образец № 2	1,69/96,6 %	0,42/22,2 %	0,28/12,6 %	1,4/8,0 %	0,04/0,6 %	
Образец № 3	0,03/1,7 %	0,0001/0,01 %	0,0003/0,01 %	0,04/0,02 %	0,01/0,11 %	
Образец № 4	4,36/249,1 %	0,19/9,8 %	0,4/18,2 %	0,89/5,1 %	0,18/2,4 %	
Образец № 5	0,04/2,3 %	0,0001/0,01 %	0,0004/0,02 %	0,01/0,03 %	0,001/0,2 %	
Образец № 6	5,01/286,3 %	0,19/10,2 %	0,4/18,3 %	0,88/5,0 %	0,19/2,6 %	

у образца № 3 из-за того, что в рецептуру соуса входит сыр. Наименьшими показателями пищевой ценности обладают образцы № 4 и 6. Наибольшая зольность – у образца № 2, наименьшая – у образца № 3. Наибольшее содержание калия в образце № 1, наименьшая – в образцах № 4 и 6. Наибольшее содержание витамина А – в образце № 6, наименьшее – в образце № 3. Наибольшее содержание витамина B_1 – в образце № 2, наименьшее – в образце № 3. Наибольшее содержание витамина B_2 – в образце № 6, наименьшее – в образце № 3. Наибольшее содержание витамина РР – в образце № 2, наименьшее – в образце № 3. Наибольшее содержание витамина B_5 – в образце № 6, наименьшее – в образце № 3. Таким образом, при наибольшей калорийности образец № 3 наименее богат калием и витаминами, а наибольшими по совокупному содержанию витаминов можно назвать образцы № 1, 2 и 4.

Из витаминов и микроэлементов в наибольшей степени образец № 1 на 100 %, образец № 2 – на 96,6 %, образец № 4 – на 249,1 %, образец № 6 – на 286,3 %. Высокое содержание витамина А при этом не является опасным для здоровья, так как он содержится в продукте в натуральном виде и его излишки выводятся из организма без отрицательных последствий.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что разработанные образцы соусов обладают повышенной пищевой ценностью.

Выводы

Результаты проведенных исследований показали, что пастообразный полуфабрикат из вещенки обыкновенной перспективно использовать в приготовлении горячих и холодных грибных соусов, обладающих высокими органолептическими показателями и повышенной пищевой ценностью.

Рецептуры соусов были определены методом математического моделирования, их опитмальность была подтверждена балльной органолептической оценкой. Реологические исследования образцов соусов показали, что полуфабрикат рационально вводить в диапазоне концентраций от 30 % до 50 % в зависимости от желаемой консистенции готового соуса.

Таким образом, горячие и холодные грибные соусы на основе пастообразного полуфабриката из вешенки позволят значительно расширить ассортимент грибных соусов на потребительском рынке и разнообразить вкус различных видов продукции общественного питания.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствие конфликта интересов.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Технология продукции общественного питания / А. И. Мглинец, Н. А. Акимова, Г. Н. Дзюба [и др]. – СПб. : Троицкий мост, 2015. – 736 с.

2. Amino acids composition and antioxidant activity of selected mushrooms from Bosnia and Herzegovina / M. Salihović, A. Šapčanin, E. Pehlić [et al.] // Chemistry in Industry: Journal of Chemists and Chemical Engineers. – 2019. – Vol. 68, № 3–4. – P. 97–103. DOI: https://doi.org/10.15255/KUI.2018.034.

3. Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: A comparative study between *in vivo* and *in vitro* samples / F. S. Reis, A. Martins, L. Barros [et al.] // Food and Chemical Toxicology. – 2012. – Vol. 50, № 5. – P. 1201–1207. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.02.013.

4. Carrasco-González, J. A. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient / J. A. Carrasco-González, S. O. Serna-Saldívar, J. A. Gutiérrez-Uribe // Journal of Food Composition and Analysis. – 2017. – Vol. 58. – P. 69–81. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.01.016.

5. Cheung, P. C. K. Mini-review on edible mushrooms as sourace of dietary fiber: Preparation and health benefits / P. C. K. Cheung // Food Science and Human Wellness. – 2013. – Vol. 2, № 3–4. – P. 162–166. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fshw.2013.08.001.

6. Deepalakshmi, K. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties / K. Deeplakshmi, S. Mirunalini // Journal of Biochemical Technology. – 2014. – Vol. 5, № 2. – P. 718–726.

7. Immunomodulatory and antitumor activities of water-soluble proteoglycan isolated from the fruiting bodies of culinary-medicinal oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm. (*Agaricomycetideae*) / S. Shah, D. Ghosh, S. K. Mallick [et al.] // International Journal of Medicinal Mushrooms. – 2007. – Vol. 9, № 2. – P. 123–128. DOI: https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v9.i2.30.

8. Nutritional values of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) (Jacq. Fr.) Kumm. cultivated on different agricultural wastes / S. G. Jonathan, C. B. Okon, A. O. Oyelakin [et al.] // Nature and Science. – 2012. – Vol. 10, № 9. – P. 186–191.

9. Nutritional qualities and antioxidant activity of three edible oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) / S. Khatun, A. Islam, U. Cakilcioglu [et al.] // NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences. – 2015. – Vol. 72–73. – P. 1–5. DOI: https://doi.org/10.1016/j.njas.2012.03.003.

10. Oluwafemi, G. Chemical composition, functional properties and protein fractionation of edible oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) / G. Oluwafemi, K. T. Seidu, T. N. Fagbemi // Annals. Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 17, № 1. – P. 218–223.

11. Rathore, H. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review / H. Rathore, S. Prasad, S. Sharma // PharmaNutrition. – 2017. – Vol. 5, № 2. – P. 35–46. DOI: https://doi.org/10.1016/j.phanu.2017.02.001.

12. Tolera, K. D. Nutritional quality of Oyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods / K. D. Tolera, S. Abera // Food Science and Nutrition. – 2017. – Vol. 5, № 5. – P. 989–996. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.484.

13. Vetter, J. Biological values of cultivated mushrooms – A review / J. Vetter // Acta Alimentaria. – 2019. – Vol. 48, № 2. – P. 229–240. DOI: https://doi.org/10.1556/066.2019.48.2.11.

14. Evaluation of drying method and pretreatment effects on the nutritional and antioxidant properties of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) / I. B. Mutukwa, C. A. Hall III, L. Cihacek [et al.] // Journal of Food Procesessing and Preservation. – 2019. – Vol. 43. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.13910.

15. Thakur, M. P. Advances in post-harvest technology and value additions of edible mushrooms / M. P. Thakur // Indian Phytopathology. – 2018. – Vol. 71, № 3. – P. 301–315. DOI: https://doi.org/10.1007/s42360-018-0060-9.

16. Попов, И. А. Поиск оптимального способа переработки грибов вешенки / И. А. Попов, И. В. Максимов, В. И. Манжесов // Технология и товароведение сельскохозяйственной продукции. – 2016. – Т. 7, № 2. – С. 64–72.

17. Козлова, С. Л. Компьютерное моделирование рецептурного состава фаршевых полуфабрикатов из гидробионтов / С. Л. Козлова, Т. К. Лебская // Известия КГТУ. – 2013. – № 29. – С. 58–65.

18. Сборник технологических нормативов. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / В. А. Ананина, С. Л. Ахиба, В. Т. Лапшина [и др.]. – М. : Хлебпродинформ, 1996. – 620 с.

19. Тутельян, В. А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания / В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи плюс, 2012. – 281 с.

References

1. Mglinets AI, Akimova NA, Dzyuba GN, Dubtsov GG, Efimov AD, Shil′man LZ. Tekhnologiya produktsii obshchestvennogo pitaniya [Technology of catering products]. St. Petersburg: Troitskiy most; 2015. 736 p. (In Russ.).

2. Salihovic M, Sapcanin A, Pehlic E, Uzunovic A, Spirtovic-Halilovic S, Huremovic M. Amino acids composition and antioxidant activity of selected mushrooms from Bosnia and Herzegovina. Chemistry in Industry: Journal of Chemists and Chemical Engineers. 2019;68(3–4):97–103. DOI: https://doi.org/10.15255/KUI.2018.034.

3. Reis FS, Martins A, Barros L, Ferreira ICFR. Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: A comparative study between *in vivo* and *in vitro* samples. Food and Chemical Toxicology. 2012;50(5):1201–1207. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.02.013.

4. Carrasco-González JA, Serna-Saldívar SO, Gutiérrez-Uribe JA. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient. Journal of Food Composition and Analysis. 2017;58:69–81. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.01.016.

5. Cheung PCK. Mini-review on edible mushrooms as sourace of dietary fiber: Preparation and health benefits. Food Science and Human Wellness. 2013;2(3–4):162–166. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fshw.2013.08.001.

6. Deepalakshmi K, Mirunalini S. *Pleurotus ostreatus*: an oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. Journal of Biochemical Technology. 2014;5(2):718–726.

7. Shah S, Ghosh D, Mallick SK, Sarangi I, Bhutia SK, Banerje I, et al. Immunomodulatory and antitumor activities of water-soluble proteoglycan isolated from the fruiting bodies of culinary-medicinal oyster mushroom *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) P. Kumm. (Agaricomycetideae). International Journal of Medicinal Mushrooms. 2007;9(2):123–128. DOI: https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v9.i2.30.

8. Jonathan SG, Okon CB, Oyelakin AO, Oluranti OO. Nutritional values of oyster mushroom (Pleurotus ostreatus) (Jacq. Fr.) Kumm. cultivated on different agricultural wastes. Nature and Science. 2012;10(9):186–191.

9. Khatun S, Islam A, Cakilcioglu U, Guler P, Chatterjee NC. Nutritional qualities and antioxidant activity of three edible oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.). NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences. 2015;72–73:1–5. DOI: https://doi.org/10.1016/j.njas.2012.03.003.

10. Oluwafemi G, Seidu KT, Fagbemi TN. Chemical composition, functional properties and protein fractionation of edible oyster mushroom (Pleurotus ostreatus). Annals. Food Science and Technology. 2016;17(1):218–223.

11. Rathore H, Prasad S, Sharma S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. PharmaNutrition. 2017;5(2):35–46. DOI: https://doi.org/10.1016/j.phanu.2017.02.001.

12. Tolera KD, Abera S. Nutritional quality of Oyster Mushroom (*Pleurotus Ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. Food Science and Nutrition. 2017;5(5):989–996. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.484.

13. Vetter J. Biological values of cultivated mushrooms – A review. Acta Alimentaria. 2019;48(2):229–240. DOI: https://doi.org/10.1556/066.2019.48.2.11.

14. Mutukwa IB, Hall III CA, Cihacek L, Lee CW. Evaluation of drying method and pretreatment effects on the nutritional and antioxidant properties of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). Journal of Food Procesessing and Preservation. 2019;43. DOI: https://doi.org/10.1111/jfpp.13910.

15. Thakur MP. Advances in post-harvest technology and value additions of edible mushrooms. Indian Phytopathology. 2018;71(3):301–315. DOI: https://doi.org/10.1007/s42360-018-0060-9.

16. Popov IA, Maksimov IV, Manzhesov VI. Search of the optimum way of processing of mushrooms of an oyster mushroom. Tekhnologiya i tovarovedenie sel′skokhozyaystvennoy produktsii [Technology and commodity science of agricultural products]. 2016;7(2):64–72. (In Russ.).

17. Kozlova SL, Lebskaya TK. Computer design of recipe semi-prepared products made of aquatic organisms. KSTU News. 2013;(29):58–65. (In Russ.).

18. Ananina VA, Akhiba SL, Lapshina VT, Mal′gina RM, Sokolov VL, Ruban AP, et al. Sbornik tekhnologicheskikh normativov. Sbornik retseptur blyud i kulinarnykh izdeliy dlya predpri-yatiy obshchestvennogo pitaniya [Book of technological standards. Recipes for dishes and culinary products for public catering enterprises]. Moscow: Khlebprodinform; 1996. 620 p. (In Russ.).

19. Tutel′yan VA. Khimicheskiy sostav i kaloriynost′ rossiyskikh produktov pitaniya [Chemical composition and calorie content of Russian food products]. Moscow: DeLi plyus; 2012. 281 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Дриль Анастасия Александровна
старший преподаватель кафедры технологии и организации пищевых производств, ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел.: +7 (383) 346-07-68, e-mail: drilnas-ka@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4114-4006

Information about the authors

Anastasiia A. Dril
Senior Lecturer of the Department of Technology and Organization of Food Industries, Novosibirsk State Technical University, 20, Karla Marksa Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, phone: +7 (383) 346-07-68, e-mail: drilnas-ka@gmail.com
https://orcid.org/0000-0002-4114-4006

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-513-521
УДК 633.1:664.8

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Исследование минерального и аминокислотного состава пророщенного и консервированного зерна пшеницы

М. Л. Зенькова

УО «Белорусский государственный экономический университет»,
220070, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Партизанский, 26

e-mail: mariya_lz@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 16.09.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© М. Л. Зенькова, 2019

Аннотация.
Введение. Проращивание зерна считается одним из способов, который улучшает пищевую ценность и функциональные свойства зерна. С целью изучения влияния технологической обработки на качество готового продукта проведены исследования по содержанию минеральных веществ и аминокислотному составу в зерне пшеницы до проращивания, после проращивания и в консервах из пророщенного зерна пшеницы.
Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследований использовалось зерно мягкой пшеницы, пророщенное зерно пшеницы и консервы из пророщенного зерна пшеницы (подготовленное зерно пророщенной пшеницы 55 %; заливка – 45 %, содержащая 4,5 % сахара и 3,5 % соли). Содержание минеральных веществ определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на атомно-эмиссионном спектрометре Optima 2100 DV (США). Аминокислотный состав определяли на жидкостном хроматографе Agilent 1200 (США).
Результаты и их обсуждение. В 100 г консервированного пророщенного зерна содержится около 15 % марганца от суточной потребности, 12 % хрома (III), 8,4 % меди, 8,3 % цинка. Показана высокая биологическая ценность белков пророщенной пшеницы, содержащих 20,6 % незаменимых аминокислот. Среди заменимых аминокислот высокое содержание пролина (958,4 мг/100 г) и глютаминовой кислоты (2456,4 мг/100 г). Коэффициент различий аминокислотного скора составляет 71,9 %, потенциальная биологическая ценность белка – 28,1 %.
Выводы. Пророщенные зерна, имея в своем составе определенный набор минеральных веществ и определенный аминокислотный состав, могут быть использованы как для разработки консервов из пророщенного зерна пшеницы, так и для приготовления блюд общественного питания. Изучение влияния технологической обработки зерна пророщенной пшеницы на минеральный состав готового продукта установило, что потери минеральных веществ составляют от 45 до 85 %. Пророщенное зерно пшеницы следует комбинировать с продуктами, содержащими большое количество лизина и треонина.

Ключевые слова. Пшеница мягкая, пророщенное зерно, консервы, минеральные вещества, аминокислотный состав, незаменимые аминокислоты

Для цитирования: Зенькова, М. Л. Исследование минерального и аминокислотного состава пророщенного и консервированного зерна пшеницы / М. Л. Зенькова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 513–521. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-513-521.

Original article

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

Mineral and Amino Acid Composition of Germinated and Canned Wheat Grains

M.L. Zenkova

Belarus State Economic University,
26, Partizanski Ave., Minsk, 220070, Republic of Belarus

e-mail: mariya_lz@mail.ru

Received: September 16, 2019
Accepted: November 15, 2019

© M.L. Zenkova, 2019

Abstract.
Introduction. Grain germination can improve the nutritional value and functional properties of grain. The research featured the effect of technological processing on the quality of the finished product as in the case of natural, germinated, and canned wheat grains.

A set of experiments was conducted to define the mineral substances and amino acid composition as factors that affect the chemical composition of a product during its production.
Study objects and methods. The research featured soft wheat grain, germinated wheat grain, and canned germinated wheat grain. The latter consisted of 55% of pre-treated germinated wheat grain and 45% of filling, which contained 4.5% of sugar and 3.5% of salt. The content of mineral substances was determined by atomic-emission spectrometry with inductively coupled plasma using an atomic-emission spectrometer Optima 2100 DV (USA). The amino acid composition was determined using a liquid chromatograph Agilent 1200 (USA).
Results and discussion. 100 grams of canned germinated grain contained about 15% of daily manganese, 12% of chromium (III), 8.4% of copper, and 8.3% of zinc. Canned germinated wheat demonstrated a high biological protein value and contained 20.6% of essential amino acids. As for amino acids, canned germinated wheat grains had a high content of proline (958.4 mg/100 g) and glutamic acid (2456.4 mg/100 g). The characteristics of the nutritional value of canned protein from germinated wheat grains included amino acid rate, amino acid feedstock difference coefficient (AAFDC), and potential biological value (PBV). The proteins of canned germinated wheat appeared inferior in their amino acid composition and contained insufficient amounts of lysine and threonine. The coefficient of differences in amino acid scores was 71.9%, while the potential biological value of the protein was 28.1%.
Conclusion. Germinated grains have a certain set of minerals and amino acids in their composition. Therefore, they can be used to develop canned foods or dishes for public catering industry. The effect of technological processing on the mineral composition of the finished product resulted in the loss of mineral substances from 45 to 85%. Moreover, germinated wheat should be combined with products that are rich in lysine and threonine.

Keywords. Soft wheat, germinated grain, canned food, minerals, amino acid composition, essential amino acids

For citation: Zenkova ML. Mineral and Amino Acid Composition of Germinated and Canned Wheat Grains. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):513–521. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-513-521.

Введение

Существует большой спрос среди потребителей на зерно для проращивания и на продукты, изготовленные из него. Пророщенные зерна являются основой для производства многих видов продуктов питания, а также используются для лечебного (диетического) и лечебно-профилактического питания [1–3]. Следует отметить, что, в зависимости от вида и условий проращивания, меняется химический состав зерна [3–7].

Целью работы является изучение минерального и аминокислотного состава зерна пшеницы до проращивания и после проращивания, а также консервированного продукта, полученного из пророщенного зерна пшеницы.

Белки играют в питании человека важную роль, так как являются главной составной частью всех органов и тканей организма. Белки не синтезируются в организме человека из других пищевых веществ, и поэтому должны постоянно поступать с пищей. По содержанию незаменимых аминокислот белки растительного происхождения значительно уступают белкам животного происхождения. Однако злаковые культуры, в том числе и пшеница, прямо или косвенно обеспечивают организм человека пищевым белком (около 75 %).

Минеральные вещества относятся к жизненно необходимым компонентам питания и обеспечивают поддержание гомеостаза. Дефицит минеральных веществ в организме приводит к различным нарушениям обмена веществ и заболеваниям. Минеральные вещества формируют ткани, участвуют во всех видах обмена веществ, поддерживают осмотическое давление в клетках и межклеточных жидкостях, обеспечивают кислотно-щелочное равновесие в организме, активируют гормоны, витамины, ферменты, способствуют кроветворению.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований использовалось зерно мягкой пшеницы (ТУ РБ 600024008.093-2004 «Зерно для проращивания. Технические условия»), пророщенное зерно пшеницы и консервы из пророщенного зерна пшеницы. Исследования консервов из пророщенного зерна пшеницы проводились с отделением жидкой части (заливки). Замачивание и проращивание зерна осуществлялось в питьевой воде в течение 48 ч при температуре 18 ± 2 °С. При замачивании и проращивании воду меняли на свежую каждые 5–6 часов. Зерно для аэрации перемешивали, выдерживая воздушную паузу в течение 20 минут. Влажность зерна в конце проращивания составляла 44,4 ± 1,0 %, размер ростков – 2,0 ± 0,5 мм. Пророщенные зерна пшеницы использовались для консервирования. Оптимальные условия подготовки зерна пшеницы для проращивания были определены в нашей предыдущей работе [8]. Общая схема консервирования пророщенного зерна пшеницы представлена на рисунке 1.

Исследования проводились в период с 2015 по 2019 гг. на кафедре товароведения продовольственных товаров Белорусского государственного экономического университета. Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью программы Microsoft Excel.

Содержание минеральных веществ определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой по МУК 4.1.1482-2003 «Определение содержания химических элементов в

Рис. 1 Общая схема производства консервов из пророщенного зерна пшеницы

Figure 1. General scheme for the production of canned germinated wheat grains

диагностируемых биосубстратах, поливитаминных препаратах с микроэлементами, в биологически активных добавках к пище и в сырье для их изготовления методом атомной эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной аргоновой плазмой» на атомно-эмиссионном спектрометре Optima 2100 DV (США). Аминокислотный состав определяли по МВИ.МН 1363-200 «Метод по определению аминокислот в продуктах питания с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии» на жидкостном хроматографе Agilent 1200 (США).

Качество белка консервированного пророщенного зерна пшеницы оценивали путем сравнения его аминокислотного состава с аминокислотным составом «идеального» белка с помощью расчета аминокислотного скора (c_i, %) по формуле:

$$c_i = \frac{A_i}{A_i^0} \times 100 \quad (1)$$

где A_i – содержание i-й незаменимой аминокислоты в белке изучаемого образца, мг/100 г белка;

A_i^0 – содержание i-й незаменимой аминокислоты в идеальном белке (эталоне), мг/100 г белка.

Избыточное количество незаменимых аминокислот, не используемых на пластические нужды, определяли коэффициентом различия аминокислотных скоров (*КРАС*, %) по формуле:

$$КРАС = \frac{\sum \Delta РАС}{n} \quad (2)$$

где *ΔРАС* – разность аминокислотного скора для каждой незаменимой аминокислоты по сравнению с одной из наиболее дефицитных;

n – число незаменимых аминокислот.

Коэффициент *КРАС* показывает среднюю величину избытка аминокислотного скора незаменимых аминокислот, по сравнению с наименьшем уровнем скора какой-либо незаменимой аминокислоты, так как избыточное количество незаменимых аминокислот не используется на пластические нужды.

По величине *КРАС* оценивали потенциальную биологическую ценность (ПБЦ, %) продукта по формуле:

$$ПБЦ = 100 - КРАС \quad (3)$$

Если в данном белке все незаменимые аминокислоты находятся в необходимых пропорциях, то потенциальная биологическая ценность такого белка равна 100.

Результаты и их обсуждение

Хотя прорастание было известно в течение очень долгого времени, в основном в восточных странах, в последние годы проросшие зерна

стали очень популярными и получили широкое распространение в качестве продукта для здорового питания. Многие исследования ученых посвящены разработке продуктов из пророщенного зерна, а также разработке продуктов с добавлением пророщенного зерна с целью повышения их пищевой ценности и расширения ассортимента [9–13]. Химический состав растительного сырья, в том числе пророщенного зерна, оказывает влияние на состав пищевого рациона человека. Пророщенные зерна пшеницы без дополнительной обработки мало пригодны для использования в пищу, а при обработке пророщенного зерна происходят потери питательных веществ. С целью изучения влияния технологической обработки на качество готового продукта нами проведены исследования по аминокислотному составу и содержанию минеральных веществ в зерне пшеницы до проращивания, после проращивания и в консервах из пророщенного зерна пшеницы.

Для обеспечения здоровья человека содержание в рационе минеральных веществ должно поддерживаться на уровне, соответствующем физиологическим потребностям человека. Потребность человека в эссенциальных минеральных веществах варьируется в пределах от нескольких микрограммов до почти одного грамма в день. Недостаточное потребление этих веществ в течение определенного периода времени приводит к развитию их дефицита, и наоборот, избыточно высокое потребление может вызвать токсикоз. Однако на химический состав, в том числе минеральный состав зерна пшеницы, влияет много разных факторов: генетически обусловленные факторы, условия выращивания, агротехнические особенности и другие. Минеральные вещества не обладают энергетической ценностью, но без них жизнь человека невозможна, так как они участвуют в важных обменных процессах организма – водно-солевом и кислотно-щелочном. В отличие от витаминов и аминокислот минеральные вещества не разлагаются при воздействии высоких температур, окислителей, кислот, щелочей и других факторов. Наиболее важным фактором, приводящим к потерям минеральных веществ, является подготовка пророщенного зерна для консервирования. Во время проращивания минеральные вещества выделяются и становятся доступными для усвоения организмом человека [14]. Содержание минеральных веществ в пшенице до проращивания и после проращивания, а также нормы физиологической потребности в минеральных веществах представлены в таблице 1.

Содержание минеральных веществ в зернах пшеницы не высокое. Их хватает чтобы удовлетворять потребности человека, что также согласуется с исследованиями других ученых [14, 16, 17]. Анализ таблицы 1 позволяет говорить о том, что содержание кальция в пшенице до проращивания было очень мало, а содержание железа составляло примерно от 12 % до 35 % от суточной потребности. Следует отметить достаточно высокое содержание калия, марганца, магния, меди, цинка и хрома. По сравнению с продуктами животного происхождения большинство продуктов растительного происхождения, в том числе и зерна пшеницы, являются лучшим источником калия. Поэтому они могут быть основой калиевой диеты, применяемой при ряде заболеваний. Зерно пшеницы можно назвать источником марганца, который является кофактором в пируваткарбоксилазе и супероксиддисмутазе. Супероксиддисмутаза относится к группе антиоксидантных ферментов и вместе с каталазой и другими антиоксидантными ферментами защищает организм человека от образующихся кислородных радикалов. Исследование влияния процесса проращивания на содержание минеральных веществ показало,

Таблица 1. Содержание минеральных веществ в зерне пшеницы до проращивания и после проращивания (в 100 г зерна)

Table 1. Mineral content in the wheat grain before germination and after germination (per 100 g of grain)

Показатели	Зерно пшеницы до проращивания	Зерно пшеницы после проращивания	Суточная потребность (18–59 лет)*
Кальций, мг	32,2	34,6	1000
Магний, мг	114,0	68,3	400
Калий, мг	355,5	174,0	2500
Марганец, мг	3,6	2,1	2
Железо, мг	3,5	2,2	10 мужчины 18 женщины
Медь, мг	0,201	0,181	1
Цинк, мг	2,7	1,9	12
Хром (III), мкг	14	10	50
Бор, мг	0,076	0,050	
Алюминий, мг	0,308	0,304	
Натрий, мг	1,1	2,2	

*Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь [15]

что после проращивания зерна пшеницы в нем уменьшилось содержание магния, калия, марганца, железа, цинка, хрома, бора в 1,7; 2,0; 1,7; 1,6; 1,4; 1,4; 1,5 раза соответственно. Содержание натрия после проращивания зерна увеличилось в 2 раза, уровни кальция и алюминия существенно не изменились. Содержание магния в пророщенной пшенице составляет примерно 17 % от суточной потребности. Его роль очень важна, т. к. он участвует в формировании костей, регуляции работы нервной ткани, в обмене углеводов и энергетическом обмене. Медь входит в состав многих ферментов. Без нее невозможен синтез эндорфинов – гормонов, снижающих болевые ощущения, и гормоноподобных веществ – простагландинов, регулирующих артериальное давление, ритмичность работы сердца, процессы заживления ран [18]. Содержание меди в пророщенном зерне составляет 18 % от суточной потребности.

Изучению аминокислотного состава зерна пшеницы, а также изменению аминокислотного состава в результате обработки посвящен ряд работ, в которых имеются некоторые противоречия по содержанию лимитирующих аминокислот [19, 20]. При прорастании пшеничного зерна содержащиеся в нем белковые вещества подвергаются гидролизу протеолитическими ферментами до аминокислот и пептидов, которые используются для построения новых тканей ростка и необходимого обмена веществ. Можно предположить, что различные способы проращивания зерна пшеницы и методики определения аминокислотного состава неоднозначно характеризуют полученные данные. В результате исследований установлено, что в зерне пшеницы до проращивания и после проращивания содержались все незаменимые аминокислоты, которые необходимы для развития человека, и в процентном отношении составляют соответственно 21,3 % и 20,6 % (табл. 2). Среди заменимых аминокислот отмечено высокое содержание пролина и глютаминовой кислоты. Их сумма составила примерно 3 г в 100 г белка пророщенных зерен пшеницы. Уменьшение общего количества аминокислот при замачивании и проращивании происходит из-за их выщелачивания.

В современных условиях основной задачей производителей пищевой продукции является обеспечение потребителей высококачественной продукцией, привлекательной с органолептической точки зрения, которую им захотелось бы приобрести. Консервы из пророщенного зерна пшеницы имеют сладковатый вкус, напоминающий вкус сладкой кукурузы с легким дубящим послевкусием. Консервы из пророщенного зерна пшеницы использовались в разработке блюд для общественного питания [21]. При переработке пророщенного зерна в готовый продукт содержание минеральных веществ зависит от рецептуры и от технологии производства.

Таблица 2. Аминокислотный состав зерна пшеницы до проращивания и после проращивания (мг на 100 г)

Table 2. Amino acid composition of wheat grain before germination and after germination (mg per 100 g)

Показатели	Зерно пшеницы до проращивания	Зерно пшеницы после проращивания
Незаменимые аминокислоты	2154,6	1325,3
в том числе:		
валин	250,2	163,0
изолейцин	165,0	111,5
лейцин	684,1	415,5
лизин	218,0	120,4
метионин	123,8	75,0
треонин	116,7	72,3
триптофан	105,0	60
фенилаланин	491,8	307,6
Заменимые аминокислоты	7953,7	5115,5
в том числе:		
аланин	404,7	268,6
аргинин	470,9	265,4
аспарагиновая кислота	598,3	309,4
гистидин	31,6	26,7
глицин	465,2	281,0
глютаминовая кислота	3993,8	2456,4
пролин	1098,0	958,4
серин	591,8	352,1
тирозин	246,3	166,3
цистин	53,1	31,2
Общее количество аминокислот	10108,3	6440,8

В промышленных условиях были изготовлены опытные образцы консервов из пророщенного зерна пшеницы по следующей рецептуре: подготовленное зерно пророщенной пшеницы 55 %, заливка – 45 %. В заливке содержалось 4,5 % сахара и 3,5 % соли. Консервы в стеклянной упаковке хранились в течение 24 месяцев. В таблице 3 представлены результаты исследований минерального состава консервов из пророщенного зерна пшеницы.

Пророщенное зерно пшеницы содержит мало натрия (табл. 1). Основное его поступление в организм человека происходит за счет поваренной соли, внесенной при производстве консервов из пророщенного зерна пшеницы, и составляет 640, 5 мг на 100 г. Из таблиц 1 и 3 видно, что количество калия значительно снизилось при переработке пророщенного зерна пшеницы. Поскольку многие минеральные вещества хорошо растворимы в воде, можно предполагать, что процесс замачивания зерна и проращивание с последующим бланшированием в воде оказывают влияние на потери этих соединений.

Таблица 3. Содержание минеральных веществ в консервах из пророщенного зерна пшеницы (в 100 г продукта)

Table 3. Mineral content in canned germinated wheat grain (per 100 g)

Показатель	Консервы из пророщенного зерна пшеницы	Суточная потребность
Кальций, мг	19,0	1000
Магний, мг	19,6	400
Калий, мг	51,2	2500
Марганец, мг	0,3	2
Железо, мг	0,77	10 мужчины 18 женщины
Медь, мг	0,084	1
Цинк, мг	1,0	12
Хром (III), мкг	6	50
Бор, мг	0,013	
Алюминий, мг	0,406	
Натрий, мг	640,5	

Экспериментальные исследования показали, что для калия потери составили более 50 %. Это объясняется присутствием калия в пищевых продуктах в виде свободного иона. В 100 г консервированного пророщенного зерна содержалось в среднем около 15 % марганца от суточной потребности, 12 % хрома (III), 8,4 % меди, 8,3 % цинка (табл. 3).

Качество пищевого белка определяется его биологической ценностью и усвояемостью. Биологическая ценность зависит от содержания и соотношения входящих в состав белков незаменимых аминокислот и отражает степень соответствия аминокислотного состава белка потребностям организма человека. Консервы подвергались тепловой обработке, что также сказывается на качестве белка. В таблице 4 представлены результаты исследований аминокислотного состава консервов из пророщенного зерна пшеницы. Показано, что в консервах из пророщенного зерна пшеницы не содержится гистидина. Общее количество аминокислот уменьшилось, по сравнению с зерном пшеницы после проращивания, в связи с бланшированием зерна в воде. В результате растворимые в воде белки теряются с бланшировочными водами. Также при стерилизации и последующем хранении в течение 24 месяцев консервированного пророщенного зерна пшеницы происходят реакции неферментативного потемнения с участием сахаров и азотсодержащих соединений с образованием меланоидинов. Также белки консервированной пророщенной пшеницы являются неполноценными по своему аминокислотному составу и содержат недостаточное количество лизина и треонина. Качественная оценка белка заключается в том, что чем меньше значение коэффициента различий аминокислотного скора (*КРАС*), который в идеале должен стремиться к 0, тем лучше сбалансированы незаменимые аминокислоты и тем рациональнее они могут быть использованы организмом человека. Для консервированного пророщенного зерна рассчитан коэффициент различий аминокислотного скора *(КРАС* = 71,9 %) и потенциальная биологическая ценность белка (28,1 %). Установлено, что белок пророщенного зерна пшеницы характеризуется низкой биологической активностью, так как потенциальная биологическая ценность сильно отличается от 100. Сбалансированность незаменимых аминокислот у консервированного пророщенного зерна пшеницы оказалась на низком уровне.

Таблица 4. Аминокислотный состав консервов из пророщенного зерна пшеницы (мг на 100 г)

Table 4. Amino acid composition of canned germinated wheat grain (mg per 100 g)

	Консервированное пророщенное зерно пшеницы	Аминокислотный образец ФАО/ВОЗ
Незаменимые аминокислоты	565,3	360
в том числе:		
валин	57,6	50
изолейцин	43,3	40
лейцин	168,7	70
лизин	44,4	55
метионин + цистин	36,7	35
треонин	32,0	40
триптофан	12,1	10
фенилаланин + тирозин	170,5	60
Заменимые аминокислоты	1773,2	
в том числе:		
аланин	96,5	
аргинин	108,2	
аспарагиновая кислота	133,2	
гистидин	не обнаружено	
глицин	121,6	
глютаминовая кислота	843,0	
пролин	337,2	
серин	133,5	
Общее количество аминокислот	2338,5	
Лимитирующая аминокислота, скор, %	лизин (80,7 %), треонин (80,0 %)	

Выводы

В последнее десятилетие наблюдается рост использования пророщенных зерен в рационе человека и увеличение научных публикаций, касающихся их питательных свойств и химического состава. Положительное мнение потребителей о пророщенных зернах привело к появлению новых продуктов питания. Поэтому знание химического состава пророщенных зерен пшеницы и изменений в процессе переработки очень важно для понимания

влияния на питательные свойства пищевых продуктов.

Минеральные вещества присутствуют в консервированном пророщенном зерне в небольших количествах. Несмотря на то что свойства многих минеральных соединений пищи изучены недостаточно, их поведение в пищевой системе можно спрогнозировать, используя знание принципов неорганической, органической, физической химии и биохимии. Среди минеральных веществ в пророщенном зерне пшеницы следует отметить достаточно высокое содержание калия (174 мг/100 г), марганца (2,1 мг/100 г), магния (68,3 мг/100 г), меди (0,181 мг/100 г), цинка (1,9 мг/100 г) и хрома (III) (6 мкг/100 г). Изучение влияния технологической обработки зерна пророщенной пшеницы на минеральный состав готового продукта установило, что потери минеральных веществ составляют от 45 до 85 %. В 100 г консервированного пророщенного зерна содержится около 15 % марганца от суточной потребности, 12 % хрома (III), 8,4 % меди и 8,3 % цинка. В зерне пшеницы после проращивания содержатся все незаменимые аминокислоты. В процентном отношении составляют 20,6 %. Среди заменимых аминокислот высокое содержание пролина (958,4 мг/100 г) и глютаминовой кислоты (2456,4 мг/100 г). Белки консервированной пророщенной пшеницы являются неполноценными по своему аминокислотному составу и содержат недостаточное количество лизина и треонина. Коэффициент различий аминокислотного скора составляет 71,9 %, потенциальная биологическая ценность белка – 28,1 %. Следовательно, чтобы все незаменимые аминокислоты находились в необходимых пропорциях пророщенное зерно пшеницы следует комбинировать с продуктами, содержащими большое количество лизина и треонина.

Полученные экспериментальные результаты по пророщенному зерну пшеницы и консервированному пророщенному зерну пшеницы могут дополнить базы данных химического состава пищевых продуктов.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Оценка эффективности использования хлеба, изготовленного из пророщенного зерна, в диетотерапии больных пожилого возраста с сердечно-сосудистыми заболеваниями / А. В. Погожева, С. А. Дербенева, Е. К. Байгарин [и др.] // Вопросы питания. – 2006. – Т. 75, № 5. – С. 45–48.

2. Пономарева, Е. И. Хлеб из биоактивированного зерна пшеницы повышенной пищевой ценности / Е. И. Пономарева, Н. Н. Алехина, И. А. Бакаева // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 2. – С. 116–121.

3. Sprouted grains: A comprehensive review / P. Benincasa, B. Falcinelli, S. Lutts [et al.] // Nutrients. – 2019. – Vol. 11, № 2. DOI: https://doi.org/10.3390/nu11020421.

4. The use of the biologically activated grain is in technology of health products / G. A. Simahina, S. A. Bazhay-Zhezherun, T. I. Mykoliv [et al.] // East European Scientific Journal. – 2016. – № 9. – P. 147–153.

5. Чижикова, О. Г. Использование продуктов переработки зерна пшеницы для мясных рубленых полуфабрикатов геродиетического назначения / О. Г. Чижикова, К. В. Нижельская, Л. О. Коршенко // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2017. – Т. 84, № 4. – С. 123–131. DOI: https://doi.org/10.24866/2311-2271/2017-4/123-131.

6. Науменко, Н. В. Интенсификация процесса проращивания зерна, используемого для производства хлеба, и его влияние на качество готовых изделий / Н. В. Науменко, И. Ю. Потороко, И. В. Калинина // Индустрия питания. – 2019. – Т. 4, № 1. – С. 47–54.

7. Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat / P. van Hung, T. Maeda, S. Yamamoto [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2012. – Vol. 92, № 2. – P. 667–672. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.4628.

8. Зенькова, М. Л. Подготовка зерна пшеницы при разработке технологии консервов «Вторые обеденные блюда» / М. Л. Зенькова, Д. А. Бабич // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 2. – С. 46–53. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-46-53.

9. Писарева, Е. В. Исследование и разработка технологии мороженного с пророщенным зерном ржи: автореф. дис. … канд. тенх. наук: 05.18.04 / Писарева Елена Владимировна. – Кемерово, 2004. – 20 с.

10. Шнейдер, Д. Макаронные изделия из цельносмолотого и пророщенного зерна пшеницы / Д. Шнейдер // Хлебопродукты. – 2010. – № 8. – С. 46–47.

11. Леонова, С. Разработка технологии национального крупяного продукта из пророщенного зерна / С. Леонова, А. Нигматьянов, М. Фазылов // Хлебопродукты. – 2010. – № 9. – С. 48–49.

12. Веретнова, О. Ю. Разработка рецептуры мясных комбинированных фаршей с использованием пророщенного зерна пшеницы / О. Ю. Веретнова, Т. Н. Сафронова // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 109, № 10. – С. 112–115.

13. Урбанчик, Е. Н. Получение продуктов быстрого приготовления на основе пророщенного зерна пшеницы и тритикале / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2012. – № 7. – С. 24–26.

14. Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review / E. Lemmens, A. V. Moroni, J. Pagand [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. – 2019. – Vol. 18, № 1. – P. 305–328. DOI: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414.

15. Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь. Санитарные нормы и правила [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://belzakon.net. – Дата доступа: 26.07.2019.

16. Минеральный состав зерна диких сородичей и интрогрессивных форм в селекции пшеницы / Т. В. Савин, А. И. Абугалиева, И. Чакмак [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2018. – Т. 22, № 1. – С. 88–96. DOI: https://doi.org/10.18699/VJ18.335.

17. Бутенко, Л. И. Исследования химического состава пророщенных семян гречихи, овса, ячменя и пшеницы / Л. И. Бутенко, Л. В. Лигай // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4–5. – С. 1128–1133.

18. Комплексная оценка органических форм эссенциальных микроэлементовв цинка, меди, марганца и хрома в опытах in vitro и in vivo / С. Н. Зорин, М. Баяржаргал, И. В. Гмошинский [и др.] // Вопросы питания. – 2007. – Т. 76, № 5. – С. 74–79.

19. Соболева, О. М. Изменение биологической ценности зерна озимой пшеницы после СВЧ-обработки / О. М. Соболева, Е. П. Кондратенко // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 37, № 4. – С. 87–94.

20. Биодеструкция белков зернового сырья для получения новых хлебобулочных изделий / Л. В. Римарева, Н. А. Фурсова, Е. Н. Соколова [и др.] // Вопросы питания. – 2018. – Т. 87, № 6. – С. 67–75. DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10068.

21. Разработка технологии производства блюд и кулинарных изделий с использованием консервированной продукции из пророщенного зерна / З. В. Василенко, М. Л. Зенькова, О. В. Мацикова [и др.] // Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. – 2013. – Т. 14, № 1. – С. 18–23.

References

1. Pogozheva AM, Derbeneva SA, Baygarin EX, Maltsev GYr, Belikov VS. Efficiecy of application assessment of grain bread in diettherapy of patients of elderly ages with cardio vascular diseases. Problems of Nutrition. 2006;75(5):45–48. (In Russ.).

2. Ponomareva EI, Alekhina NN, Bakaeva IA. Bread from the bioactivated wheat grain with the raised nutrition value. Problems of Nutrition. 2016;85(2):116–121. (In Russ.).

3. Benincasa P, Falcinelli B, Lutts S, Stagnari F, Galieni A. Sprouted grains: A comprehensive review. Nutrients. 2019;11(2). DOI: https://doi.org/10.3390/nu11020421.

4. Simahina GA, Bazhay-Zhezherun SA, Mykoliv TI, Bereza-Kindzerska LV, Antoniuk MM. The use of the biologically activated grain is in technology of health products. East European Scientific Journal. 2016;(9):147–153.

5. Chizhikova OG, Nizhelskaya KV, Korshenko LO. Use of wheat grain processing products for meat chopped semi-finished products of gerodietetic purposes. The bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management. 2017;84(4):123–131. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24866/2311-2271/2017-4/123-131.

6. Naumenko NV, Potoroko IYu, Kalinina IV. Process intensification of the grain sprouting used for the bread production and its impact on the finished products quality. Food Industry. 2019;4(1):47–54. (In Russ.).

7. van Hung P, Maeda T, Yamamoto S, Morita N. Effects of germination on nutritional composition of waxy wheat. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2012;92(2):667–672. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.4628.

8. Zenkova ML, Babich DA. Wheat grain preparing for production of conserved food ‘Second course for lunch’. Food Processing: Techniques and Technology. 2018;48(2):46–53. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2018-2-46-53.

9. Pisareva EV. Issledovanie i razrabotka tekhnologii morozhennogo s proroshchennym zernom rzhi [Research and development of technology for ice cream with germinated rye grain]. Cand. eng. sci. diss. Kemerovo: Polzunov Altai State Technical University; 2004. 20 p.

10. Shneyder D. Makaronnye izdeliya iz tsel′nosmolotogo i proroshchennogo zerna pshenitsy [Pasta from whole-ground and germinated wheat]. Bread products. 2010;(8):46–47. (In Russ.).

11. Leonova S, Nigmat′yanov A, Fazylov M. Razrabotka tekhnologii natsional′nogo krupyanogo produkta iz proroshchennogo zerna [New technology for a national cereal germinated grain product]. Bread products. 2010;(9):48–49. (In Russ.).

12. Veretnova OYu, Safronova TN. The development of the combined minced meat formulation with the use of the sprouted wheat grain. The Bulletin of KrasGAU. 2015;109(10):112–115. (In Russ.).

13. Urbanchik YeN, Shalyuta AYe. Getting fast food on the basis of sprouted wheat and triticale. Storage and Processing of Farm Products. 2012;(7):24–26. (In Russ.).

14. Lemmens E, Moroni AV, Pagand J, Heirbaut P, Ritala A, Karlen Y, et al. Impact of cereal seed sprouting on its nutritional and technological properties: A critical review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019;18(1):305–328. DOI: https://doi.org/10.1111/1541-4337.12414.

15. Trebovaniya k pitaniyu naseleniya: normy fiziologicheskikh potrebnostey v ehnergii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Respubliki Belarus′. Sanitarnye normy i pravila [Nutritional nutrition requirements: physiological requirements for energy and nutrients for various population groups of the Republic of Belarus. Sanitary regulations] [Internet]. [cited 2019 Jul 26]. Available from: http://belzakon.net.

16. Savin TV, Abugaliyeva AI, Cakmak I, Kozhakhmetov K. Mineral composition of wild relatives and introgressive forms in wheat selection. Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018;22(1):88–96. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18699/VJ18.335.

17. Butenko LI, Ligaj LV. Researches of the chemical composition of germinated seeds of the buckwheat, oats, barley and wheat. Fundamental research. 2013;(4–5):1128–1133. (In Russ.).

18. Zorin SN, Bayarzhargal M, Gmoshinskiy IV, Mazo VK. Multipurpose assessment of organic forms of essential trace elements: zinc, copper, manganese, chromium in vitro and in vivo experiments. Problems of Nutrition. 2007;76(5):74–79. (In Russ.).

19. Soboleva OM, Kondratenko EP. Variations in biological value of winter wheat grain after SHV processing. Bulletin of NSAU. 2015;37(4):87–94. (In Russ.).

20. Rimareva LV, Fursova NA, Sokolova EN, Volkova GS, Borshova YuA, Serba EM, et al. Biodegradation of proteins of grain raw materials for the production of new bakery products. Problems of Nutrition. 2018;87(6):67–75. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10068.

21. Vasilenko ZV, Zenkova ML, Matsikova OV, Nazarova OO, Bolashenko TN. Development of production technology of meals and culinary productswith the use of canned germinated grain. Vestnik MGUP. 2013;14(1):18–23. (In Russ.).

Сведения об авторах

Зенькова Мария Леонидовна
канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой товароведения продовольственных товаров, УО «Белорусский государственный экономический университет», 220070, Республика Беларусь, г. Минск, пр. Партизанский, 26, тел.: +375 (17) 209-79-84, e-mail: mariya_LZ@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3098-981X

Information about the authors

Mariya L. Zenkova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Commodity Research of Food Products, Belarus State Economic University, 26, Partizanski Ave., Minsk, 220070, Republic of Belarus, phone: +375 (17) 209-79-84, e-mail: mariya_LZ@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-3098-981X

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-522-530
Оригинальная статья
УДК 615.322:633.864
http://fptt.ru/

Экстракция растительных пигментов из местного сырья

Н. Г. Костина*, Т. В. Подлегаева, И. Ю. Сергеева

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

**e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru*

Дата поступления в редакцию: 16.10.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© Н. Г. Костина, Т. В. Подлегаева, И. Ю. Сергеева, 2019

Аннотация.
Введение. Обогащение продуктов питания биологически активными веществами, в том числе растительными пигментами, является перспективным направлением замены синтетических красителей. Использованию пряно-ароматических растений в этих целях уделяется недостаточное внимание. Целью исследований являлось извлечение пигментов зеленого цвета, основу которых составляют хлорофиллы.
Объекты и методы исследования. Объектом исследования служила зелень петрушки сушеной (*Petroselinum vulgare*). Для получения вытяжки из петрушки рассматривали следующие экстрагенты: ацетон, спирт этиловый питьевой (95 %), гексан, петролейный эфир и хлороформ.
Результаты и их обсуждение. Определяющим показателем для выбора экстрагента являлось суммарное содержание хлорофиллов и каротиноидов. Было установлено, что максимальная степень извлечения наблюдалась при использовании ацетона. Так как этот растворитель запрещен к использованию в пищевой промышленности, то в качестве экстрагента был выбран 95 % этиловый спирт, показывающий высокую степень извлечения хлорофиллов. Опытным путем было установлено соотношение исходного сырья и экстрагента (трехкратная экстракция при массовом соотношении зелени петрушки и экстракта 1:60), и определено время каждой экстракции – 0,5 ± 0,1 ч. Сохранность красящих веществ повышена с помощью карбоната магния ($MgCO_2$). Полученный экстракт с целью повышения концентрации красящих веществ был подвержен сгущению при остаточном давление – 400 Па и температуре – 40 °С.
Выводы. Полученный концентрат из зелени петрушки сушеной можно использовать при производстве комбинированных продуктов питания.

Ключевые слова. Растительное сырье, хлорофилл, каротиноиды, экстракция, этанол

Для цитирования: Костина, Н. Г. Экстракция растительных пигментов из местного сырья / Н. Г. Костина, Т. В. Подлегаева, И. Ю. Сергеева // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 522–530. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-522-530.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Extraction of Plant Pigments from Local Raw Materials

N.G. Kostina*, T.V. Podlegaeva, I.Yu. Sergeeva

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

**e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru*

Received: October 16, 2019
Accepted: November 15, 2019

© N.G. Kostina, T.V. Podlegaeva, I.Yu. Sergeeva, 2019

Abstract.
Introduction. Violation of the ecological balance and modern processing methods may result in a lower content of important nutrients in food. Therefore, there is a need to restore the balance of biologically active substances in food products. In this regard, it seems appropriate to use plant materials that contain biologically active substances, as well as pigments. The use of aromatic plants for these purposes remains understudied. The research objective was to extract chlorophyll-based green pigments based from green plants.
Study objects and methods. The object of the study was dried parsley (*Petroselinum vulgare*). The extractants included acetone, ethyl alcohol (95%), hexane, petroleum ether, and chloroform.
Results and discussion. The extractants were chosen according to the total content of chlorophylls, which determine the color of the extract. Since carotenoids are extracted along with chlorophylls, the content of this component was also determined. Acetone

demonstrated the maximum degree of chlorophyll recovery. However, this solvent cannot be used in food industry. Therefore, 95% ethanol, which also showed a high degree of chlorophyll extraction, was chosen as the extractant. A set of experiments made it possible to establish the ratio of feedstock and extractant as 1:60 (three times extraction with a mass ratio of parsley and extract); the optimal time of each extraction was 0.5 ± 0.1 h. Magnesium carbonate ($MgCO_2$) helped to preserve the dyes. In order to increase the concentration of coloring substances, the obtained extract was subjected to thickening at a residual pressure of 400 Pa at 40°C.
Conclusion. The obtained concentrate from dried parsley can be used in production of combined foods.

Keywords. Plant materials, chlorophyll, carotenoids, extraction, ethanol

For citation: Kostina NG, Podlegaeva TV, Sergeeva IYu. Extraction of Plant Pigments from Local Raw Materials. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):522–530. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-522-530.

Введение

Важной задачей государственной политики в области питания является улучшение структуры рациона населения. В природе нет продуктов, которые содержали бы все необходимые человеку нутриенты (исключение – материнское молоко). Нарушение экологического равновесия, применение современных методов выращивания и обработки сырья нередко приводят к снижению содержания в пищевых продуктах важных нутриентов. Увеличение количества заболеваний, в том числе онкологических, у людей, проживающих в неблагоприятных экологических условиях, призывает к разработке эффективных способов защиты человека от воздействия негативных факторов внешней среды [1, 2]. При этом возникает особая необходимость восстановления баланса биологически активных веществ. В современных условиях особую роль приобретает разработка технологии производства продукции с использованием в качестве источника биологически активных веществ местного растительного сырья.

Пищевые добавки, полученные из натурального сырья, обладают не только лечебно-профилактическим свойствами, но и являются мощными антиоксидантами. Их применение в технологии продуктов питания дает ряд преимуществ перед синтетическими. Позволяет, кроме расширения ассортимента, повысить биологическую ценность, а также увеличить срок хранения, что является важным фактором в современном производстве.

Использование в современных производственных условиях пищевых добавок синтетического происхождения экономически выгодно. Но ксенобиотики, попадая в организм человека и участвуя в процессах обмена веществ, приводят к разбалансировке основных функций и развитию различных заболеваний. Поэтому проблема использования в питании пищевых ингредиентов, в частности пищевых добавок природного происхождения, включая красители, является актуальной. Среди природных красителей, используемых в пищевых целях, особо дефицитен зеленый, поэтому извлечение его из растительного сырья имеет большое практическое значение.

В современных условиях актуальным является использование местного растительного сырья. Это способствует значительному снижению затрат как на само сырье, часто дорогостоящее, но с аналогичными или близкими по значению основными физико-химическими показателями, так и сокращению расходов, связанных с доставкой его на производство. Одним из распространенных пряноароматических растений является растение рода *Petroselinum* – петрушка, семейства зонтичных [14]. По своему химическому составу и присутствию значительного спектра биологически активных компонентов, в том числе витаминов и минеральных веществ, она относится к числу наиболее ценных растений.

Так, в состав зелени *Petroselinum vulgare* (петрушки обыкновенной) входят: белки (3,7 %), липиды (0,4 %), моно- и дисахариды (6,8 %), крахмал (1,2 %), клетчатка (1,5 %); витамины: B_1 (0,05 мг/100 г), B_2 (0,05 мг/100 г), РР (0,7 мг/100 г), С (150 мг/100 г), каротин (5,7 мг/100 г); минеральные вещества: натрий (79 мг/100 г), калий (245 мг/100 г), магний (85,1 мг/100 г), фосфор (95 мг/100 г), железо (1,9 мг/100 г). Также в составе есть марганец, алюминий, литий, титан, ванадий, молибден, никель и другие вещества. Найдены флавоноиды (апиин, лютеолин, апигенин, кверцетин), пектиновые вещества, эфирное масло (до 6 %), фолиевая кислота [5].

По содержанию аскорбиновой кислоты петрушка превосходит многие фрукты и овощи. В 100 г молодых зеленых побегов растения содержится примерно две суточные нормы витамина С. Это в 10 раз больше, чем в листьях салата и почти в 4 раза больше, чем в лимонах. По содержанию β-каротина петрушка не уступает моркови: в 100 г листьев содержится две суточные нормы β-каротина для человека – до 12 мг [5].

Благодаря такому наличию разнообразных полезных компонентов в своем составе с давних времен петрушка известна своими лечебными свойствами. Ее применяют для повышения аппетита у больных, усиления секреции пищеварительных желез, нормализации работы сердечно-сосудистой системы. Как дезинфицирующее и противовоспалительное средство *Petroselinum* применяют при болезнях почек, печени, желчного пузыря. Сок, полученный из свежих листьев, оказывает положительное влияние на регулирование процессов окисления в организме, на поддержание нормальной функции надпочечников

и щитовидной железы. Бактерицидные свойства петрушки используют при воспалительных процессах в деснах и на слизистой рта, при диабете.

В петрушке находится значительное количество солей калия, важной особенностью которых является их мочегонное свойство, при этом выводятся продукты обмена веществ. Данное свойство широко используется в лечебном питании для больных с нарушенным кровообращением [5].

Зеленый цвет петрушки обусловлен наличием в ней хлорофилла, в основу строения которого входят соли магния. Значение этих солей в обеспечении нормальной жизнедеятельности организма велико. Магний нормализует жировой и холестериновый обмен, ускоряет обезвреживание некоторых ядов, стимулирует желчевыделение [5].

Красящие вещества растительного происхождения разнообразны по химическому составу и структуре. Наиболее широко распространены красящие пигменты, относящиеся по химической природе к флавоноидным и каротиноидным соединениям, которые являются основой красных, оранжевых и желтых красителей. β-каротин служит для защиты иммунной системы, профилактики гастроэнтерологических, сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний, известен как антиокислитель. Флавоноиды обладают антиоксидантным, капилляроукрепляющим, желчегонным, гепатопротекторным, противовирусным и антимикробным действием [5].

В зависимости от растворимости в воде пигменты, содержащиеся в растительном сырье, делятся на две группы: растворимые в воде, находящиеся в соке растений (лепестках цветков, ягодах, фруктах и т. п.), и нерастворимые в воде – хлорофилл, каротин, присутствующие в хлоропластах клеток листьев зеленых растений, фруктов, овощей и т. п. [6].

Хлорофилл является одним из наиболее распространенных красящих веществ, обуславливающих окраску практически всего растительного мира. Также хлорофилл способен превращать энергию солнечных лучей в энергию химических связей органических соединений.

Зеленый пигмент большинства растений состоит из двух видов соединений: хлорофилла «а» ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) сине-зеленого цвета и хлорофилла «в» ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) желто-зеленого. Они отличаются разной степенью окисленияи некоторыми другими свойствами. Строение двух видов данных соединений идентично – магниевые соли тетрапиррола. Однако у хлорофилла «в» второй пиррольный остаток вместо метильной группы, как у хлорофилла «а», содержит альдегидную.

Хлорофиллы характеризуются наличием в своем составе порфиринового кольца. Порфириновое кольцо – это плоская квадратная структура, состоящая из четырех меньших колец (I–IV), каждое из которых содержит по одному атому азота, способному взаимодействовать с атомами металлов. В хлорофилле таким металлом является магний. У разных хлорофиллов разные боковые цепи и это несколько изменяет их спектры поглощения.

Отличительной чертой химической структуры молекулы хлорофилла является присутствие сопряженной системы двойных связей, образующей кольцо с атомом магния в центре, обусловливающих определенные оптические свойства и высокую фотохимическую активность. Совокупность этих особенностей определяет отличия в спектрах поглощения хлорофиллов «а», «в» и зеленый цвет пигмента, который объясняется непоглощенными зелеными лучами.

Структурная формула хлорофилла «а» свидетельствует о том, что пигмент представляет собой сложный эфир двухосновной кислоты и двух спиртов – метилового и высокомолекулярного непредельного спирта фитола. Именно наличие остатка фитола в хлорофилле придает последнему липидные свойства, проявляющиеся в его растворимости в жировых растворителях.

Хлорофилл «а» представляет собой воскообразный порошок черно-синего цвета, хорошо растворяющийся в эфире, этиловом спирте, хлороформе, сероуглероде и бензоле, и слаборастворимом в холодном этиловом спирте и в петролейном эфире. Алкогольные растворы имеют сине-зеленый оттенок. Хлорофилл «в» также трудно растворим в петролейном эфире, легко – в алкоголе и эфире. Цвет эфирных и свежих алкогольных ацетоновых растворов светло-зеленый.

На разрушение хлорофилла оказывает влияние свет, повышенные температуры, действие щелочей. При комнатной температуре в растворе хлорофиллы «а» и «в» подвергаются изомеризации. Кислород воздуха разрушает хлорофилл только в присутствии света, а последний – лишь при наличии кислорода. Чистый хлорофилл в воде нерастворим, но образует коллоидный раствор. Для извлечения хлорофилла растительный материал обычно экстрагируют углеводородами с добавкой спирта, ацетона. В спирте и водно-спиртовых смесях он дает истинные растворы [7–9].

Хлорофилл неустойчив в кислых средах, так как из-за замены комплексно-связанного магния на водород образуется феофитин, имеющий бурую окраску. Феофитин – биологически активное вещество, обладающее антимикробным и заживляющим действием. Кроме того, феофитин, как и хлорофилл, обладает противоокислительным действием. Более жесткая обработка кислотой приводит к отщеплению этерифицирующего спирта (фитола). В результате образуется водорастворимый феофорбид. Феофорбиды и их метиловые эфиры, а также хлорофиллид являются продуктами щелочного гидролиза хлорофиллов в отсутствии кислорода. Красящие вещества,

входящие в состав хлорофиллового зерна, помимо участия в ассимиляции, являются провитаминами – веществами, которые в организме человека и животных легко превращаются в высокоактивные витамины. Важным является и то, что по своему строению хлорофилл близок к некоторым важным дыхательным ферментам (пероксидазе, каталазе и цитохромоксидазе), а также к красящему веществу крови – гему.

Повысить устойчивость хлорофилла возможно проведя замену магния на медь, натрий или калий. Так получают водо-растворимые комплексы хлорофиллина – продукта частичного гидролиза хлорофилла. Полученная структура обусловливает стойкий ярко-зеленый цвет препаратов, а также их высокую биологическую активность. Препараты не только не токсичны, но и в некоторых случаях устраняют или снижают действие токсинов или аллергенов [10] .

Таким образом, хлорофилл и его производные широко используют в качестве красящих веществ, обладающих высокой биологической и фармакологической ценностью в пищевой и фармацевтической промышленности [11, 12]. Учитывая вышесказанное, представляется целесообразным изучить физико-химические показатели, качественный и количественный состав продуктов переработки петрушки с учетом использования в производстве пищевых продуктов в качестве натурального красителя.

Хлорофилл извлекают путем экстрагирования зеленого растительного материала углеводородами, этиловым спиртом или ацетоном [13]. Поэтому для исследования нами было выбрано пять типов экстрагентов: ацетон, спирт этиловый питьевой (95 %), гексан, петролейный эфир и хлороформ.

Целью работы является разработка способа получения экстракта из растительного сырья и исследование оптимальных параметров для извлечения красящих веществ из листьев *Petroselinum* – петрушки огородной, подвергнутой сушке.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись листья петрушки обыкновенной рода *Petroselinum vulgare* в сухом виде, концентраты петрушки, полученные, экстрагированием ацетоном, спиртом этиловым питьевым (95 %), гексаном, петролейным эфиром и хлороформом.

При разработке способа извлечения красящих веществ и получения пищевого концентрата зеленого цвета был выбран тип экстрагента, его концентрация и время экстрагирования. В целях снижения уровня кислотности концентрата в ходе экстракции использовали карбонат магния ($MgCO_3$). Карбонат магния (Е504 (i)) как пищевая добавка разрешен к применению в пищевой промышленности органами здравоохранения [3].

Сгущение концентрата проводили в роторно-пленочном испарителе RVO–64 (остаточное давление – 400 Па, температура – 40 °С).

Массовую долю хлорофиллов и каротиноидов определяли спектрофотометрическим методом. Для этого проводили измерения оптической плотности вытяжки (экстракта) пигментов на спектрофотометре UNICU 2100 при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения хлорофиллов «а» (663 нм), «в» (645 нм) и максимуме поглощения каротиноидов (440,5 нм). Расчет концентрации пигментов вели по уравнениям Ветштейна и Хольма [4].

Результаты и их обсуждение

В ходе эксперимента с применением вышеуказанных экстрагентов были получены концентраты из зелени петрушки сушеной. Определяющим показателем для окончательного выбора экстрагента являлось гигиеническая безопасность растворителя, а также суммарное содержание хлорофиллов, обусловливающих цвет вытяжки. Так как наряду с хлорофиллами экстрагируются каротиноиды, то определяли содержание и этих веществ.

Полученные результаты представлены в таблице 1.

В ходе эксперимента было установлено, что максимальная степень хлорофиллов «а» и «в» наблюдалась при использовании ацетона. Содержание хлорофиллов в вытяжке из ацетона примерно на 5 % больше, чем в экстракте, полученным с применением этилового спирта. Так как ацетон запрещен к использованию в пищевой промышленности, то в качестве экстрагента был

Таблица 1. Содержание хлорофиллов и каротиноидов в экстракте с использованием различных экстрагентов, (А + а), п = 10

Table 1. Content of chlorophylls and carotenoids in the extract using various extractants, (A + a), n = 10

Тип экстрагента	Содержание, мг/100г			
	Хлорофилл «а»	Хлорофилл «в»	Сумма хлорофиллов «а» и «в»	Сумма каротиноидов
Ацетон	438,43 ± 0,30	360,31 ± 0,13	798,74 ± 0,34	44,23 ± 0,11
Спирт этиловый	390,99 ± 0,12	368,21 ± 0,20	759,20 ± 0,32	88,57 ± 0,13
Гексан	321,15 ± 0,10	282,12 ± 0,11	603,27 ± 0,21	94,21 ± 0,22
Петролейный эфир	305,18 ± 0,21	343,14 ± 0,11	648,32 ± 0,32	75,37 ± 0,12
Хлороформ	290,20 ± 0,29	257,27 ± 0,24	547,47 ± 0,53	58,28 ± 0,21

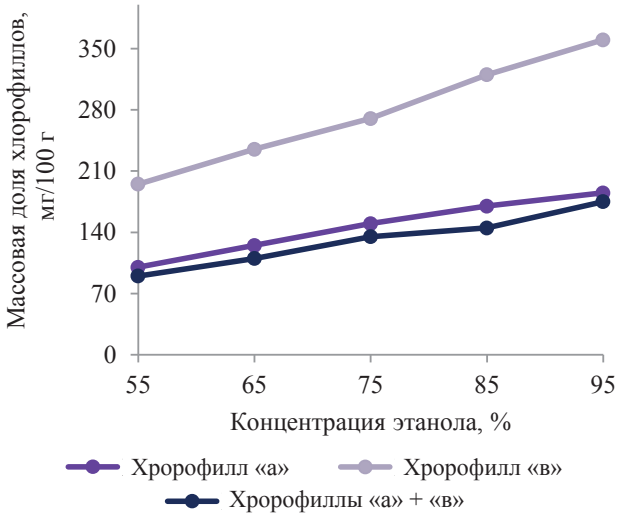


Рисунок 1. Зависимость содержания хлорофиллов в экстракте от концентрации этанола

Figure 1. Effect of ethanol concentration on the content of chlorophylls in the extract

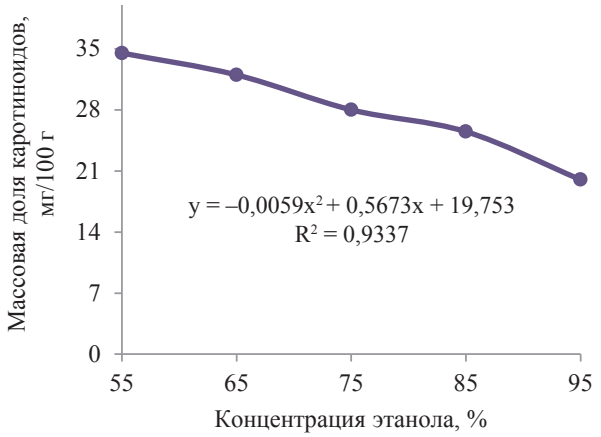


Рисунок 2. Зависимость содержания каротиноидов в экстракте от концентрации этанола

Figure 2. Effect of ethanol concentration on the content of carotenoids in the extract

выбран 95 % этиловый спирт, показывающий высокую степень извлечения суммы хлорофиллов «а» и «в».

С целью максимального извлечения зеленых пигментов из сырья были использованы различные концентрации этанола: 95, 85, 75, 65 и 55 %. Была установлена зависимость степени извлечения хлорофиллов «а», «в» и каротиноидов от процентного содержания спирта. Полученные данные графически представлены на рисунках 1 и 2. Анализируя степень извлечения магниевых комплексов тетрапирролов порфиринового строения следует, что данные зависимости носят линейный характер (рис. 1).

Для получения математической модели проведен статистический анализ и получены следующие уравнения регрессии:

степень извлечения хлорофилла «а» (Y1)

$$Y1 = 2{,}18 \cdot X - 15{,}58, \; R^2 = 0{,}96 \qquad (1)$$

степень извлечения хлорофилла «в» (Y2)

$$Y2 = 1{,}89 \cdot X - 13{,}54, \; R^2 = 0{,}97 \qquad (2)$$

сумма хлорофиллов «а» и «в» (Y3)

$$Y3 = 4{,}7 \cdot X - 29{,}12, \; R^2 = 0{,}98 \qquad (3)$$

где X – концентрация этанола, %;

R^2 – коэффициент множественной корреляции.

Выявлено, что снижение концентрации этанола приводит к уменьшению содержания хлорофиллов «а» и «в», а также к увеличению содержания каротиноидов.

Так как наша задача – извлечь из растительного сырья хлорофиллы, а каротиноиды мы рассматриваем как сопутствующий биологически активный компонент, то из полученных данных следует, что экстракт с применением 95 % этилового спирта является наиболее богатым по содержанию магниевых комплексов тетрапирролов порфиринового строения.

Соотношение расхода масс экстрагента и твердых частиц оказывает существенное влияние на скорость процесса и полноту извлечения экстрагируемого вещества. Чем больше масса экстрагента по отношению к массе твердых частиц, тем в меньшей степени повышается его концентрация при извлечении одного и того же количества экстрагируемого вещества [15].

Дальнейшие исследования проводились по определению параметров экстракции. С этой целью были проведены следующие виды экспериментов:

– массовое соотношение зелень – экстрагент 1:20, продолжительность экстракции 24 ч;

– массовое соотношение зелень – экстрагент 1:40, продолжительность экстракции 24 ч;

– осуществляется трехкратная экстракция, массовое соотношение зелень – экстаргент 1:60, продолжительность каждой экстракции 24 ч. Фильтрат собирается в отдельную емкость;

– осуществляется трехкратная экстракция зелень – экстрагент 1:30, продолжительность каждой экстракции 24 ч. Фильтрат собирается в общую емкость.

Опытным путем была установлена степень извлечения экстрагируемых веществ зелени петрушки сушеной от выбора массового соотношения зелени и растворителя. Результаты опытов представлены в таблице 2.

Проведенные исследования показали, что при трехкратной экстракции и массовом соотношении

Таблица 2. Выбор оптимальных условий экстракции (A ± a), n = 10

Table 2. Optimal extraction conditions (A ± a), n = 10

№ опыта	Массовая доля, мг/100г			
	Хлорофилл «а»	Хлорофилл «в»	Сумма хлорофиллов «а» и «в»	Сумма каротиноидов
1	146,47 ± 0,34	102,20 ± 0,13	248,67 ± 0,43	38,22 ± 0,15
2	231,14 ± 0,22	175,14 ± 0,11	406,28 ± 0,30	44,40 ± 0,12
3	390,99 ± 0,12	368,21 ± 0,20	789,20 ± 0,32	88,57 ± 0,14
4	374,83 ± 0,22	298,24 ± 0,10	637,07 ± 0,34	68,71 ± 0,26

зелени петрушки – экстракта 1:60 полученный концентрат содержит хлорофиллов в 1,2 раза больше, а содержание каротиноидов в нем в 1,3 раза выше, чем в экстракте, полученном в опыте № 4.

Из литературных источников известно, что низкочастотные механические колебания значительно интенсифицируют процесс извлечения экстрактивных веществ из растений [16, 17]. Кроме того, применение электромагнитной мешалки сокращает процесс экстракции. Поэтому в ходе проведения эксперимента была использована магнитная мешалка. Это позволило сократить продолжительность экстракции с 24 ч до 1,5 ч.

При извлечении хлорофиллов и каротиноидов из зелени петрушки огородной была выявлена зависимость содержания пигментных веществ от продолжительности экстракции (рис. 3 и 4).

Из представленных рисунков видно, что максимальное извлечение хлорофиллов и каротиноидов из петрушки сушеной происходит впервые 0,5 ч, затем наблюдается наступление равновесной концентрации. На основании экспериментальных исследований можно сделать вывод, что экстракцию следует проводить в течение 0,5 ч. Дальнейшее увеличение продолжительности экстрагирования нецелесообразно, т. к. содержание красящих веществ при дальнейшей экстракции не изменяется.

Известно, что хлорофиллы и каротиноиды чувствительны к изменениям pH. Наряду с общим увеличением суммы хлорофиллов и каротиноидов в системе за счет экстрагирования новых партий хлорофиллов и каротиноидов концентрата, происходит разрушение части уже извлеченных пигментов под действием органических кислот. С целью предотвращения этого процесса в систему вводили 0,1–1,0 % $MgCO_3$ от количества сырья, который связывает кислоты и тем самым понижает кислотность экстракта из зелени петрушки, а также способствует стабилизации цвета. Экстракт из петрушки огородной представляет собой прозрачную жидкость изумрудно-зеленого цвета.

Определены следующие условия процесса экстракции: экстрагент – 95 % этиловый спирт, массовое соотношение зелень – спирт – 1:60, трехкратная экстракция, температура – 20 ± 2 °С, продолжительность экстракции – 0,5 ± 0,1 ч.

С целью выбора оптимальных параметров концентрирования растительного экстракта были проведены опыты по выпариванию экстрагента (95 % этилового спирта) в роторно-пленочном испарителе RVO–64. Найдены оптимальные условия, при которых процесс концентрирования будет эффективен: остаточное давление – 400 Па,

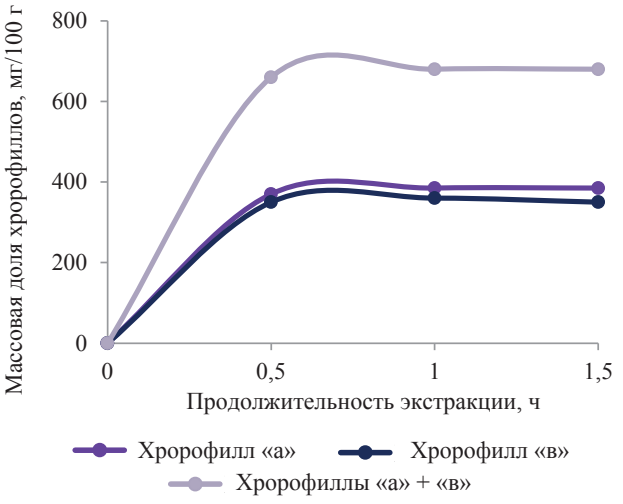


Рисунок 3. Зависимость содержания хлорофиллов в экстракте от продолжительности экстракции

Figure 3. Effect of extraction time on the content of chlorophylls in the extract

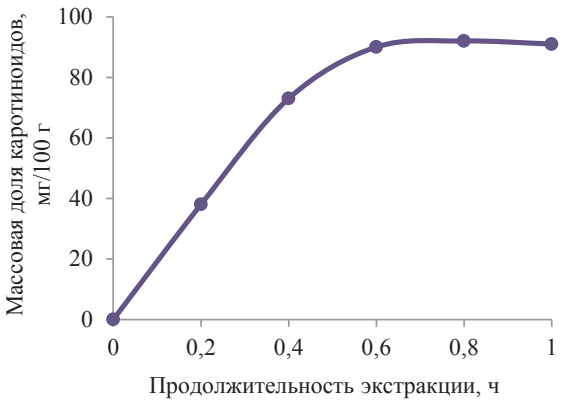


Рисунок 4. Зависимость содержания каротиноидов в экстракте от продолжительности экстракции

Figure 4. Effect of extraction time on the content of carotenoids in the extract

температура – 40 °С. При этом: содержание хлорофилла «а» – 1681,9392 мг/100 г; содержание хлорофилла «в» – 978,90715 мг/100 г; содержание каротиноидов – 1281,2859 мг/100 г.

Выводы

Разработан способ получения концентрата из зелени петрушки сушеной для его использования при производстве комбинированных продуктов. Исследована экстракция сушеной зелени петрушки огородной пятью растворителями. Показаны преимущества 95 % этилового спирта при извлечении пигментов. Рациональным режимом экстрагирования является трехкратная экстракция 95 % этиловым спиртом в присутствии карбоната магния ($MgCO_2$), продолжительность каждой экстракции 0,5 ± 0,1 ч. Концентрацию экстракта проводят в условиях: температура 40 ± 2 °С, остаточное давление 400 ± 40 Па, до достижения массовой доли сухих веществ 75–80 %.

Критерии авторства

Н. Г. Костина руководила проектом, Т. В. Подлегаева и И. Ю. Сергеева принимали участие в экспериментальных исследованиях.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

Contribution

N.G. Kostina supervides the project; T.V. Podlegaeva and I.Yu. Sergeeva took part in experimental studies.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. 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. Sukhih, O. O. Babich [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 92–100. DOI: http://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-92-100.

2. Prosekov, A. Yu. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents / A. Yu. Prosekov, O. V. Mudrikova, O. O. Babich // Journal of Analytical Chemistry. – 2012. – Vol. 67, № 5. – P. 474–477. DOI: https://doi.org/10.1134/S1061934812030100.

3. Булдаков, А. С. Пищевые добавки / А. С. Булдаков. – СПб. : Ut, 1996. – 240 с.

4. Смирнов, Е. В. Пищевые красители / Е. В. Смирнов – СПб. : Профессия, 2009. – 352 с.

5. Пастушенков, Л. В. Лекарственные растения. Использование в народной медицине и быту / Л. В. Пастушенков, А. Л. Пастушенков, В. Л. Пастушенков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.

6. Schoefs, B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. A practical case-by-case view / B. Schoefs // Trac – Trends in Analytical Chemistry. – 2003. – Vol. 22, № 6. – P. 335–339. DOI: https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)00602-2.

7. Quantitative and qualitative profile of biologically active substances extracted from purple echinacea (*Echinacea Purpurea L.*) growing in the Kemerovo region: functional foods application / A. V. Zaushintsena, I. S. Milentyeva, O. O. Babich [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2019. – Vol. 7, № 1. – P. 84–92. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-84-92.

8. A spectrophotometric method for plant pigments determination and herbs classification / G. Dudek, A. Strzelewicz, M. Krasowska [et al.] // Chemical Papers. – 2014. – Vol. 68, № 5. – P. 579–583. DOI: https://doi.org/10.2478/s11696-013-0502-x.

9. Ethanol outperforms multiple solvents in the extraction of chlorophyll-*a* from biological soil crusts / S. Lan, L. Wu, D. Zhang [et al.] // Soil Biology and Biochemistry. – 2011. – Vol. 43, № 4. – P. 857–861. DOI: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.12.007.

10. Кацерикова, Н. В. Природные пигменты в качестве пищевых добавок (обзор) / Н. В. Кацерикова, Н. Г. Костина // Пищевая промышленность. – 1998. – № 4. – С. 18–19.

11. Detection of pigments and natural colorants from Thai herbal plants for possible use as coloring dyes / P. Boonsong, N. Laohakunjit, O. Kerdchoechuen [et al.] // HortScience. – 2011. – Vol. 46, № 2. – P. 265–272.

12. Наймушина, Л. В. Спектрофотометрическое исследование накопления хлорофилла и его производных в экстрактах мелиссы лекарственной при использовании двухфазной системы растворителей / Л. В. Наймушина, А. Ю. Карасева, Н. В. Чесноков // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: химия. – 2012. – Т. 5, № 3. – С. 281–288.

13. Extraction of chlorophyll-a from eutrophic water by repeated freezing and thawing-extraction method / G. M. Zeng, J. Zhou, T. Huang [et al.] // Asian Journal of Chemistry. – 2014. – Vol. 26, № 8. – P. 2289–2292. DOI: https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.15700.

14. Концентрат из сушеной зелени петрушки как потенциальный источник пищевых красящих веществ / Н. В. Кацерикова, Л. А. Остроумов, Н. Г. Костина [и др.] // Хранение и переработка сельхоз сырья. – 2001. – № 4. – С. 63–64.

15. Ивахнов, А. Д. Сверхкритическая флюидная экстракция хлорофиллов и каротиноидов *Laminaria Digitata* / А. Д. Ивахнов, Т. Э. Скребец, К. Г. Боголицын // Химия растительного сырья. – 2014. – № 4. – С. 177–182.

16. Danilchuk, T. N. Prospects of using extremely low doses of physical factors impact in food biotechnology / T. N. Danilchuk, V. I. Ganina // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 305–313. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-305-313.

17. Comparison of supercritical fluid and ultrasound-assisted extraction of carotenoids and chlorophyll a from *Dunaliella salina* / M. D. Macias-Sanchez, C. Mantell, M. Rodriguez [et al.] // Talanta. – 2009. – Vol. 77, № 3. – P. 948–952. DOI: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.07.032.

References

1. Zimina MI, Sukhih SA, Babich OO, Noskova SY, 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: http://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-92-100.

2. Prosekov AYu, Mudrikova OV, Babich OO. Determination of cinnamic acid by capillary zone electrophoresis using ion-pair reagents. Journal of Analytical Chemistry. 2012;67(5):474–477. DOI: https://doi.org/10.1134/S1061934812030100.

3. Buldakov AS. Pishchevye dobavki [Food additives]. St. Petersburg: Ut; 1996. 240 p. (In Russ.).

4. Smirnov EV. Pishchevye krasiteli [Food dyes]. St. Petersburg: Professiya; 2009. 352 p. (In Russ.).

5. Pastushenkov LV, Pastushenkov AL, Pastushenkov VL. Lekarstvennye rasteniya. Ispol′zovanie v narodnoy meditsine i bytu [Medicinal plants. Use in folk medicine and everyday life]. St. Petersburg: BHV-Petersburg; 2012. 432 p. (In Russ.).

6. Schoefs B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. A practical case-by-case view. Trac – Trends in Analytical Chemistry. 2003;22(6):335–339. DOI: https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)00602-2.

7. Zaushintsena AV, Milentyeva IS, Babich OO, Noskova SY, Kiseleva TF, Popova DG, et al. Quantitative and qualitative profile of biologically active substances extracted from purple echinacea (*Echinacea Purpurea L.*) growing in the Kemerovo region: functional foods application. Foods and Raw Materials. 2019;7(1):84–92. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2019-1-84-92.

8. Dudek G, Strzelewicz A, Krasowska M, Rybak A, Turczyn R. A spectrophotometric method for plant pigments determination and herbs classification. Chemical Papers. 2014;68(5):579–583. DOI: https://doi.org/10.2478/s11696-013-0502-x.

9. Lan S, Wu L, Zhang D, Hu C, Liu Y. Ethanol outperforms multiple solvents in the extraction of chlorophyll-*a* from biological soil crusts. Soil Biology and Biochemistry. 2011;43(4):857–861. DOI: https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.12.007.

10. Katserikova NV, Kostina NG. Prirodnye pigmenty v kachestve pishchevykh dobavok (obzor) [Natural pigments as food additives (review)]. Food processing Industry. 1998;(4):18–20. (In Russ.).

11. Boonsong P, Laohakunjit N, Kerdchoechuen O, Matta FB. Detection of pigments and natural colorants from Thai herbal plants for possible use as coloring dyes. HortScience. 2011;46(2):265–272.

12. Naimushina LV, Karaseva AYu, Chesnokov NV. Spectrophotometric study of chlorophyll and its derivatives accumulation in melissa officinalis extracts using two-phase solvent system. Journal of Siberian Federal University. Chemistry. 2012;5(3):281–288. (In Russ.).

13. Zeng GM, Zhou J, Huang T, Liu SY, Ji FF, Wang P. Extraction of chlorophyll-a from eutrophic water by repeated freezing and thawing-extraction method. Asian Journal of Chemistry. 2014;26(8):2289–2292. DOI: https://doi.org/10.14233/ajchem.2014.15700.

14. Katserikova NV, Ostroumov LA, Kostina NG, Vinogradova LA. Kontsentrat iz sushenoy zeleni petrushki kak potentsial′nyy istochnik pishchevykh krasyashchikh veshchestv [Dried parsley concentrate as a potential source of food dyes]. Storage and Processing of Farm Products. 2001;(4):63–64. (In Russ.).

15. Ivakhnov AD, Skrebets TE, Bogolitsyn KG. Supercritical fluid extraction of *Laminaria Digitata* chlorophyll and carotinoids. Chemistry of plant raw material. 2014;(4):177–182. (In Russ.).

16. Danilchuk TN, Ganina VI. Prospects of using extremely low doses of physical factors impact in food biotechnology. Foods and Raw Materials. 2018;6(2):305–313. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-305-313.

17. Macias-Sanchez MD, Mantell C, Rodriguez M, Martínez de la Ossa E, Lubián LM, Montero O. Comparison of supercritical fluid and ultrasound-assisted extraction of carotenoids and chlorophyll a from *Dunaliella salina*. Talanta. 2009;77(3):948–952. DOI: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.07.032.

Сведения об авторах

Костина Наталья Геннадьевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0001-8917-7299

Information about the authors

Natalia G. Kostina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: oliegh.kostin@inbox.ru
https://orcid.org/0000-0001-8917-7299

Подлегаева Татьяна Викторовна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии и организации общественного питания, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: tpodlegaeva@yandex.ru

Сергеева Ирина Юрьевна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии продуктов питания из растительного сырья, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: sergeeva.76@list.ru

Tatiana V. Podlegaeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Catering Technology and Organization, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-56, e-mail: tpodlegaeva@yandex.ru

Irina Yu. Sergeeva
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of Department of Foods from Vegetable Raw Technology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: sergeeva.76@list.ru

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-531-544
Оригинальная статья
УДК 664.66
http://fptt.ru/

Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания

Е. В. Невская[1], И. А. Тюрина[1], О. Е. Тюрина[1], М. Т. Шулбаева[2,*], М. Н. Потапова[2], Я. С. Головачева[2]

[1] *ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А*

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

**e-mail: sh-m-t@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 11.10.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© Е. В. Невская, И. А. Тюрина, О. Е. Тюрина, М. Т. Шулбаева, М. Н. Потапова, Я. С. Головачева, 2019

Аннотация.
Введение. Для повышения качества хлебобулочных изделий необходима работа по научному обоснованию рецептур хлебопекарных смесей, что позволит улучшить пищевую и биологическую ценность готового продукта. Повышение качества хлеба позволит улучшить структуру питания населения наиболее рациональным путем. Целью работы является разработка на основе использования отечественного сырья композитных хлебопекарных смесей для здорового питания.
Объекты и методы исследования. Объект исследования – хлебопекарные мучные смеси из следующих компонентов: пшеничная хлебопекарная мука, мука цельнозерновая ячменная, мука чечевичная цельносмолотая, мука чечевичная текстурированная, мука из бурого риса цельносмолотая, мука гречневая, мука пшеничная цельносмолотая, мука ржаная хлебопекарная обдирная, сыворотка молочная подсырная, сыворотка молочная деминерализованная. Использовали общепринятые стандартные методы исследований.
Результаты и их обсуждение. Приготовление теста осуществляли ускоренным способом. Разработано 5 композитных хлебопекарных смесей для здорового питания: смесь 1 – с внесением ячменной цельносмолотой муки; смесь 2 – с гречневой мукой и подсырной сывороткой; смесь 3 – с внесением гречневой муки и деминерализованной сывороткой; смесь 4 – с внесением цельносмолотой муки из чечевицы и муки из бурого риса; смесь 5 – с внесением муки чечевичной текстурированной, муки из бурого риса. Все хлебобулочные изделия, приготовленные из смесей, характеризовались удовлетворительными показателями качества. Подтверждена гипотеза об увеличении содержания белков, пищевых волокон, минеральных веществ в хлебе. Размеры частиц хлебопекарных композитных смесей в пределах 5–600 мкм, содержание частиц в интервале от 10 до 50 мкм составляло 30–35 % от их общего объёма. Смеси близки к однородным, что позволяет прогнозировать равномерное распределение рецептурных компонентов.
Выводы. Такие характеристики смесей позволят легко внедрять их в технологический процесс действующих предприятий с использованием типового оборудования для дозирования и хранения.

Ключевые слова. Мука ячменная, мука гречневая, мука чечевичная, мука из бурого риса, пищевая ценность, однородность, композитная хлебопекарная смесь

Для цитирования: 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.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Healthy Bakery Composite Mixes

E.V. Nevskaya[1], I.A. Tyurina[1], O.E. Tyurina[1], M.T. Shulbaeva[2,*], M.N. Potapova[2], Ya.S. Golovacheva[2]

[1] *Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol'shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia*

[2] *Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia*

Received: October 11, 2019
Accepted: November 15, 2019

*e-mail: sh-m-t@yandex.ru

© E.V. Nevskaya, I.A. Tyurina, O.E. Tyurina, M.T. Shulbaeva, M.N. Potapova, Ya.S. Golovacheva, 2019

Abstract.
Introduction. Bread and bakery are products of mass consumption. However, bread can hardly be considered as a perfectly balanced healthy product. To improve the quality of bread and bakery products, it is necessary to develop new formulations of baking mixes that can improve the nutritional and biological value of the finished product. New varieties of healthier, better quality bread with high nutritional and biological value can improve the diet of the population.
Study objects and methods. The present research featured baking mixes made up of the following components: wheat baking flour, wholemeal barley flour, wholemeal lentil flour, textured lentil flour, brown rice flour, buckwheat flour, wholemeal wheat flour, rye bakery flour, milk whey, and demineralized milk whey. The research employed generally accepted standard methods, as well as the quick dough method.
Results and discussion. The shape stability of the bread was calculated as the ratio of its height to diameter. The research yielded five composite baking mixes: mix 1 – a diabetic mix with barley wholemeal flour; mix 2 – a diabetic mix with buckwheat flour and dry cheese whey; mix 3 – a diabetic mix with buckwheat flour and dry demineralized whey; mix 4 – a mix with lentil wholemeal flour and brown rice wholemeal flour; mix 5 – a mix with textured lentil flour and brown rice wholemeal flour. All five samples demonstrated satisfactory sensory, physical, and chemical quality indicators. The authors also determined nutritional value and percentage from the daily requirements of an adult diet. The results proved that the finished products had a high content of proteins, dietary fibers, and minerals. An analysis of the granulometric composition of the baking composite mixes showed that the particle size varied from 5 to 600 microns. The content of particles in the range from 10 to 50 microns was 30–35% of the total volume. There was no significant difference in the particle size distribution in the samples. The mixes were close to homogeneous, which makes it possible to predict the uniform distribution of prescription components in the storage process and the production of high-quality bakery products.
Conclusions. The obtained characteristics of the developed mixes make it possible to introduce them into the existing technological schemes of bakery production without using special equipment for dosing and storage.

Keywords. Barley flour, buckwheat flour, lentil flour, brown rice flour, nutritional value, uniformity, composite baking mixture

For citation: 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.

Введение

Повышение качества питания населения является одним из приоритетов государственной политики в Российской Федерации. Одной из важнейших задач является разработка продуктов здорового питания, конструирование продуктов с добавленной ценностью (как биологической, так и пищевой) за счет обогащения рецептур различными биологически активными веществами, витаминами, микро- и макронутриентами, полиненасыщенными жирными кислотами и другими полезными ингредиентами.

Здоровое питание всесторонне улучшает качество жизни населения, сбалансированные безопасные продукты способствуют профилактике алиментарнозависимых заболеваний, правильному росту и развитию детей, повышению иммунитета, работоспособности взрослого населения и продлению возраста активного долголетия [1]. Одним из наиболее эффективных путей повышения качества питания населения является увеличение на 20–30 % выпуска продуктов массового потребления с высокой пищевой ценностью, в том числе продуктов здорового питания, которые богаты белком, незаменимыми аминокислотами, витаминами, микро- и макронутриентами [2, 3].

Одним из популярных в России и мире продуктов массового потребления является хлеб и различные хлебобулочные изделия. Повышение качества хлеба, разработка новых сортов с повышенной пищевой и биологической ценностью позволит улучшить структуру питания населения наиболее рациональным путем. В хлебе содержатся такие витамины, как тиамин, пиридоксин, токоферол, рибофлавин, фолиевая и никотиновая кислоты. Их содержание в хлебе сбалансировано, поэтому порция хлеба в 100 г позволяет покрыть суточную потребность человека в этих веществах на величину от 18 до 100 % [4]. В рационе питания человека хлебобулочные изделия являются основным источником поступления вышеуказанных витаминов. Также хлеб богат микро- и макроэлементами. За счет высокого содержания углеводов хлеб обладает существенной энергетической ценностью. Углеводы – это основной компонент хлеба, их содержание составляет около половины в химическом составе продукта, из которых основная доля приходится на крахмал, моносахариды и дисахариды [5].

Однако хлеб нельзя признать идеальным сбалансированным продуктом здорового питания. Оптимальное соотношение белков и углеводов составляет 1:4. В хлебе это соотношение составляет примерно 1:6–7. Белки хлеба также не являются сбалансированными, например, у изделий из пшеницы белок усваивается примерно на половину. Лимитирующими аминокислотами для злаков являются метионин, треонин, лизин и триптофан.

Оптимальное соотношение кальций:фосфор составляет 1:1,5, а в минеральном составе хлеба это соотношение далеко от оптимального и составляет 1:5,5. Это значительно снижает усвояемость этих минеральных веществ в составе хлебобулочных изделий. Оптимальное соотношение кальций:магний составляет 1:0,5, а в хлебобулочных изделиях оно также далеко от идеала и составляет 1:2,3.

Для повышения качества хлебобулочных изделий необходима работа над улучшением их биологической ценности за счет разработки рецептур с повышенным содержанием белка, сбалансированного по содержанию незаменимых аминокислот. Анализ доступной научно-технической литературы показал, что для обогащения пшеничной муки белком используют продукты переработки зерновых культур (пшеничные зародышевые хлопья, белок тритикале, белок амаранта), белок бобовых культур (фасоль, горох, соя, нут, люпин, чечевица), белковые концентраты и изоляты масличных культур (подсолнечник, хлопчатник), белковая мука из другого растительного сырья, вторичные продукты переработки молока (сыворотка, пахта, обезжиренное молоко, казеинат, концентрат сывороточного белка и др.) [6, 7].

Огромным потенциалом для использования в качестве обогатителей традиционных хлебобулочных изделий минеральными веществами и другими нутриентами являются продукты мукомольно-крупяного производства. В качестве такого нетрадиционного сырья в хлебопекарном производстве используют муку из риса, овса, ячменя, гречихи, чечевицы и других круп [8].

Одним из перспективных направлений современного хлебопекарного производства является приготовление хлебобулочных изделий на основе использования композитных смесей, способных длительное время храниться без изменения качества. Применение композитных смесей позволяет рационально организовать технологический процесс на хлебопекарных предприятиях и расширить ассортимент выпускаемых хлебобулочных изделий в соответствии с запросами современного потребителя на продукцию здорового питания. Особо эффективно применение таких смесей на предприятиях малой и средней мощности.

Работы в этом направлении активно ведутся как у нас в стране, так и за рубежом.

Например, изучена возможность частичной замены пшеничной муки на картофельный крахмал при изготовлении пшеничного хлеба [9]. Установлено, что замена муки на крахмал в дозировке 80 % приводит к ухудшению хлебопекарных свойств таких композитных смесей и требует дополнительного использования пшеничной клейковины в достаточно больших количествах (более 30 % от массы смеси).

Также исследована возможность использования пшенной муки, полученной путем размола пшенной крупы, для замены части пшеничной муки в рецептуре хлеба [10]. Установлена оптимальная дозировка пшенной муки в рецептуре, которая составила 15 % от массы пшеничной муки. При этом хлебопекарные свойства такой муки, по сравнению с пшеничной, практически не изменились. Более того – такая замена позволила добиться повышения качества композитного хлеба по содержанию макронутриентов (белок, липиды) и минеральных веществ (цинк, селен).

Перспективным направлением является и использование муки из бобовых культур для получения хлебопекарных композитных смесей. Так, добавление гороховой или фасолевой муки в дозировке до 10–15 % к массе пшеничной муки позволяет получать хлеб с приемлемыми органолептическими характеристиками и повышенным содержанием белка [11]. Более высокие дозировки способны скорректировать нутриентный состав хлеба, но приводят к отрицательному влиянию клейковинного комплекса смесей и снижению органолептических показателей соответственно.

Менее изученным направлением является использование гидроколлоидов (камеди водорослей, модифицированной целлюлозы, пектинов, галактоманнаны экзополисахаридов и др.) в рецептуре хлебопекарных смесей [12, 13]. Установлено, что качество теста и хлеба при использовании гидроколлоидов улучшается, растет хранимоспособность хлеба. Использование растительной камеди для получения композитных смесей изучено африканскими исследователями [14]. Ими предложено заменять до 15 % муки пшеничной на муку фасолевую.

В Европе исследована возможность внесения в рецептуру хлеба гречневой, гороховой и ячменной муки [15, 16].

Отечественными учеными разработаны композитные хлебопекарные смеси «Ирекс», включающие солод, злаки и масличные культуры, пшеничные зародышевые хлопья, овсяные хлопья, отруби, а также овощные добавки [17]. Такие смеси удобно использовать в условиях предприятий общественного питания для получения горячей выпечки.

Изучена возможность получения композитных смесей пшеничной муки и овсяной в количестве до 30 % [18]. При добавлении муки из овса клейковина укрепляется, хотя количество клейковины в смеси и снижается. Хлеб с добавлением овсяной муки имеет высокую пористость и удельный объем, а также отличные органолептические показатели, особенно запах и вкус. При этом хлеб обладает повышенной пищевой ценностью, богат пищевыми волокнами, фосфором, железом, витаминами группы В, РР.

В ячменной муке в значительном количестве содержится β-глюкан. Поэтому перспективным

является ее применение и других продуктов, полученных из ячменя (крупки, хлопья и др.), для выработки хлебобулочных изделий специализированного питания (для диабетиков) [19]. Отличительной особенностью ячменной муки является высокое содержание полноценного белка и ряда незаменимых аминокислот, в особенности триптофана и лизина. В отличие от пшеничной муки ячменная хотя и содержит меньше крахмала, но она богата слизеобразующими компонентами, в частности пентозанами (8,0–12,6 %), а также простыми сахарами (раффионоза, сахароза). Больше в ячменной муке клетчатки. Богата ячменная мука и минеральными веществами, причем по содержанию калия, кальция и магния ячменная мука, по сравнению с пшеничной мукой первого сорта, выигрывает практически в полтора-два раза. Ячменная мука богата витаминами группы В и РР: «B_1 – от 3 до 6 мг/кг, B_2 – от 0,8 до 1,2 мг/кг, РР – от 22 до 90 мг/кг» [20]. Углеводы в ячменной муке составляют 80 % от её массы. Основная часть углеводов – крахмал. В чистом виде в хлебопекарном производстве мука из ячменя не используется, т. к. характеризуется низкими хлебопекарными свойствами, делает цвет мякиша излишне темным и имеет специфический привкус. Поэтому ячменную муку смешивают с традиционной пшеничной или ржаной мукой. Но и в этом случае ячменная мука вносится в рецептуру в количестве не более 30 %, иначе такой хлеб будет обладать низкими органолептическими и физико-химическими свойствами.

Гречневая мука может являться неплохим источником белков и растительных липидов, она превосходит по содержанию незаменимых аминокислот пшеничную муку. По данным М. Э. Саитовой, «гречневая мука содержит значительно больше по сравнению с мукой других культур Ca и Fe, а также лецитина» [21, 22]. Более того, внесение гречневой муки в рецептуру теста из пшеничной муки способствует улучшению реологических и физико-химических свойства теста – возрастает водопоглотительная способность теста и возрастает его упругость. Внесение гречневой муки в рецептуру возможно в количестве 10–30 % [23].

Одним из востребованных на рынке специализированного питания новых видов хлебобулочных изделий являются безглиадиновые. Для их получения используют рисовую муку. Она богата цинком и витамином B_7, которые имеют большое значение в правильном питании. Для разработки новых видов безглиадиновых хлебобулочных изделий с повышенной пищевой ценностью рисовую муку рекомендуется вводить в рецептуру в количестве 10–20 %.

Исследованы структурно-механические свойства композитных хлебопекарных смесей из ржаной, пшеничной и амарантовой муки [24]. Частичная замена ржаной муки на амарантовую в рецептуре ржано-пшеничных смесей улучшает реологические свойства мучных суспензий.

Установлено, что для улучшения аминокислотного состава белков и увеличения количества незаменимых аминокислот хлеба перспективным является замена в рецептуре хлеба в количестве 15 % пшеничной муки на хлебопекарную смесь «Фитнес микс овсянка» [25].

Возможности современного программного обеспечения для проектирования рецептур пищевых продуктов повышенной пищевой и биологической ценности и методические подходы к проектированию описаны в работах [26, 27]. Специалистами московского ФГАНУ НИИХП сформулирован инновационный подход к моделированию состава композитных мучных смесей по критерию гликемического индекса. Это позволяет получать хлебобулочные изделия специализированного назначения для профилактического питания [19, 28]. ФГАНУ НИИХП существует с 1932 г. и является ведущим научным центром хлебопекарной и макаронной промышленности России и СНГ.

В Санкт-Петербургском филиале ФГАНУ НИИХП разработаны безглютеновые смеси с рисовой и кукурузной мукой, а также многокомпонентные полизерновые смеси для использования в хлебопекарном производстве [29, 30]. Использование таких смесей позволяет получать в широком ассортименте хлебобулочные изделия повышенной биологической ценности со сбалансированным аминокислотным составом и повышенным содержанием минеральных веществ.

Повышение пищевой и биологической ценности возможно по нескольким направлениям [5]:

– внесение в рецептуру нативных ингредиентов, богатых белками, витаминами, микро- и макроэлементами (плодоовощное сырье, мука из крупяных и бобовых культур, побочные продукты переработки молока, вторичные продукты мукомольной и пивоваренной промышленности);

– подбор режимов выработки муки, позволяющих сохранить в конечном продукте зародыш и алейроновый слой как наиболее ценные с диетической точки зрения компоненты зерновки;

– обогащение рафинированной муки (высший сорт, первый сорт) отрубями в нативном виде или после дополнительной обработки;

– прямое обогащение муки витаминами, минералами, белками и аминокислотами;

– добавление ферментных препаратов микробного синтеза.

Изучение современной российской и зарубежной научно-технической литературы показало, что состав хлебопекарных смесей формируется в первую очередь по органолептическим характеристикам. Во вторую очередь – исходя из технологических свойств

таких смесей. В то же время хлебопекарные смеси – это многокомпонентные системы. Это позволяет проектировать их рецептуры в желаемом направлении и с учетом постулатов здорового питания и запросов потребителей на продукты полезные для здоровья. Для получения смесей сбалансированного состава важнейшим является системный формализованный подход с учетом достижений современной науки и возможностей программного обеспечения для моделирования рецептурного состава пищевой продукции.

Оценка хлебопекарных смесей, представленных на отечественном сырьевом рынке, показала, что предложен ассортимент хлебопекарных смесей для хлебобулочных изделий импортного производства или имеющие в своем составе импортные ингредиенты. Кроме того, отсутствуют композитные смеси для хлебобулочных изделий специализированного назначения, эффективность которых подтверждена в установленном порядке.

Таким образом, повышение качества хлебопекарных композитных смесей является актуальным. Для улучшения качества хлебопекарных композитных смесей необходимо введение в их рецептуру белков, сбалансированных по аминокислотному составу. Перспективным сырьём для решения проблемы повышения пищевой ценности хлеба могут быть зародышевые хлопья пшеницы, бобовые культуры, высокобелковые зерновые культуры, белковая мука, белковые концентраты, белковые изоляты, вторичные продукты молочной промышленности. Внесение в рецептуру хлебопекарных композитных смесей цельнозерновой муки, полученной при размоле зерновых и бобовых культур со всеми анатомическими частями, позволит повысить содержание микро- и макронутриентов в готовой продукции.

Целью работы является разработка на основе использования отечественного сырья композитных хлебопекарных смесей для здорового питания.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – хлебопекарные композитные смеси, составленные из следующих компонентов: пшеничная хлебопекарная мука I сорта (ГОСТ Р 52189-2003), цельнозерновая ячменная мука (ТУ 10.61.20-001-38744625-2016), соль пищевая (ГОСТ Р 51574-2018), клейковина пшеничная сухая (ГОСТ 31934-2012), вода (ГОСТ Р 51232-98, СанПиН 2.1.4.1074–01), дрожжи (ГОСТ Р 54731-2011), мука чечевичная цельносмолотая (СТО 38744625-001-2012), мука чечевичная текстурированная (ТУ 9293-002-91293841-2014), мука из бурого риса цельносмолотая (СТО 38744625-001-2012), сахар белый (ГОСТ 33222-2015), мука гречневая (ТУ 9293-002-43175543-03), мука пшеничная цельносмолотая тонкого помола (СТО 12396977-002-2014), мука ржаная хлебопекарная обдирная (ГОСТ Р 52809-2007), сыворотка молочная подсырная сухая (ГОСТ 33958-2016), сыворотка молочная деминерализованная сухая (ТУ 9229-001-82062396-2012) и другое сырье предусмотренное рецептурой, качество которого соответствовало требованиям нормативной и технической документации.

Лабораторные исследования выполняли в центре технологий, биохимических и микробиологических исследований ФГАНУ НИИХП.

Использовали следующие методы исследований. Влажность муки определяли по методу, описанному в ГОСТ 9404-88, кислотность муки – по ГОСТ 27495-87. Хлебопекарные свойства муки оценивали путем пробной лабораторной выпечки по ГОСТ 27669-88.

Приготовление теста осуществляли ускоренным способом. Замес теста производили в планетарном миксере в течение 2–5 мин. Дрожжи прессованные хлебопекарные вносили в виде дрожжевой суспензии в соотношении 1:3. Температура теста после замеса составляла 26–28 °С. Тесто бродило в термостате в течение одного часа при температуре 33–35 °С и относительной влажности воздуха 75–80 %. Затем тесто вручную разделывали на заготовки по 350 кг для формового хлеба и 150 г для подового хлеба. Заготовки переносили на листы или укладывали в формы для выпечки. Расстойку тестовых заготовок проводили при температуре 36–38 °С и относительной влажности воздуха 75–80 %. По окончании расстойки хлебобулочные изделия выпекали в электропечи при температуре 170–190 °С в течение 25–27 мин (формовой хлеб) или 10–14 мин (подовый хлеб).

Через 14–16 ч после выпечки проводили оценку качества хлеба по следующим показателям: влажность мякиша хлеба по ГОСТ 21094-75; кислотность готовых изделий по ГОСТ 5670-96; формоустойчивость подового хлеба рассчитывали как отношение его высоты к диаметру (H/D); пористость мякиша хлеба по ГОСТ 5669-96; удельный объём по ГОСТ 27669-88. При органолептической оценке (ГОСТ 5667-65) хлеба оценивали внешний вид, цвет корок, эластичность и пропеченность мякиша, состояние пористости, вкус, запах. Микробиологические показатели исследовали по ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ 10444.15-94 и ГОСТ 31747-2012. Показатели цветности композитных смесей определяли с помощью колориметра Konica Minolta серии CR-400. Определение гранулометрического состава композитных смесей проводили при помощи анализатора Mastersizer 3000.

Расчёт пищевой ценности композитных смесей и хлебобулочных изделий, приготовленных из них, проводился по методу, разработанному в НИИ хлебопекарной промышленности. Метод заключается в суммировании массовых долей отдельных пищевых веществ (белка, жира, усвояемых углеводов и др.),

содержащихся в каждом виде сырья, используемом для выработки продукта, с учётом потерь сырья и потерь (или увеличения) пищевых веществ в нем при подготовке сырья к производству и в ходе технологического процесса.

Статистическую обработку осуществляли средствами «MATSTAT» и «STATISTICA 10.0». Для обработки результатов опытов использовался метод композиционно униформ-ротатабельного планирования эксперимента.

Результаты и их обсуждение

При разработке композитных смесей и хлебобулочных изделий, приготовленных из них, важно учитывать из какого сырья они будут вырабатываться. Поэтому на первом этапе исследования занимались обоснованием выбора компонентов хлебопекарных композитных смесей.

Основными требованиями, предъявляемыми к сырью, являются безопасность, технологичность, доступность на рынке и соответствие химического состава специфике питания отдельных групп населения.

При выборе потенциальных ингредиентов композитных смесей предпочтение следует отдавать натуральному сырью, т. к. большинство содержащихся в таком сырье микронутриентов находятся в естественном хелатированном состоянии и лучше усваиваются организмом.

Анализ научно-технической литературы подтвердил, что внесение в рецептуру муки хлебопекарных изделий гречневой, ячменной, чечевичной муки и муки из бурого риса способствует повышению пищевой и биологической ценности готовых изделий. Несмотря на то что данные компоненты являются нетрадиционными в хлебопечении, нельзя не отметить, что они обладают рядом преимуществ.

Мука ячменная цельносмолотая богата белками, β-глюканом, пищевыми волокнами, витаминами группы В, свободными липидами и минеральными веществами, в особенности кремнием.

Отличительной особенностью муки чечевичной является повышенное содержание фосфора, кремния, магния и калия, а также селена. Чечевичная мука богата белками, β-каротином, фитоэстрогенами, а ее аминокислотный состав характеризуется повышенным содержанием валина, лизина, треонина, лейцина по сравнению с пшеничной мукой первого сорта.

Для повышения микробиологической безопасности композитных смесей одним из потенциальных компонентов была выбрана чечевичная мука текстурированная. Технология получения текстурированной муки предусматривает термическую обработку продукта. При этом повышается его пищевая ценность, биоусвояемость пищевых веществ. Благодаря инактивации липазы и снижению активности липоксигеназы повышается срок хранения муки.

Бурый рис получают в результате шелушения зерна риса. В нем сохранена отрубяная оболочка, в которой содержатся пищевые волокна, витамины группы В, цинк, йод, фосфор, медь. В 100 граммах такой муки содержится около 12 % от суточной нормы потребления пищевых волокон. Аминокислотный состав муки из бурого риса характеризуется повышенным содержанием лейцина, валина, фенилаланина, тирозина, триптофана.

Гречневая мука богата белками, полиненасыщенными жирными кислотами, пищевыми волокнами, витаминами и минеральными веществами (калий, фтор, селен, хром, магний, йод, марганец, железо и др.). Гречневая мука отличается высоким содержанием серосодержащих аминокислот. По содержанию лизина превосходит бобовые и злаковые культуры, по содержанию валина приближается к молоку, лейцина – к говядине, фенилаланина – к молоку и говядине. Высокое содержание собственных сахаров в гречневой муки повышает газообразующую способность и ускоряет брожение теста.

Сухая молочная сыворотка характеризуется повышенным содержанием изолейцина, лейцина, лизина, треонина, триптофана, богата витаминами и минеральными веществами и может быть использована для интенсификации процесса тестоприготовления, повышения пищевой ценности хлебных изделий при опарных и ускоренных способах тестоведения и экономии муки.

В экспериментах использовали два вида сыворотки – сыворотку молочную подсырную сухую и сыворотку молочную деминерализованную сухую – для проверки гипотезы о лучшей гомогенности композитной хлебопекарной смеси в процессе хранения за счет снижения комкуемости деминерализованной сыворотки в составе многокомпонентной смеси.

Методом математического моделирования проводили обоснование рецептурного состава композитных хлебопекарных смесей. Оптимизацию количественного состава исследуемых ингредиентов проводили на основании технологических свойств сырья, рекомендуемой суточной нормы потребления хлебобулочных изделий и соотношения основных пищевых веществ. С целью моделирования состава хлебопекарной композитной смеси спланирован эксперимент и проведена серия пробных лабораторных выпечек хлебобулочных изделий.

В результате математической обработки экспериментальных данных были получены регрессионные уравнения в натуральной размерности, адекватно описывающие зависимость оптимальных показателей пищевой ценности и качества хлеба от количества

Таблица 1. Рецептуры композитных смесей для хлебобулочных изделий

Table 1. Formulations of composite baking mixes

Наименование сырья	Расход сырья, г				
	смесь 1	смесь 2	смесь 3	смесь 4	смесь 5
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	245,0	–	–	236,0	223,0
Мука цельносмолотая пшеничная тонкого помола	–	116,0	116,0	–	–
Мука ржаная обдирная	–	110,0	110,0	–	–
Мука ячменная цельносмолотая	44,0	–	–	–	–
Мука гречневая	–	58,0	58,0	–	–
Мука чечевичная цельносмолотая	–	–	–	14,0	–
Мука текстурированная из чечевицы	–	–	–	–	28,0
Мука из бурого риса цельносмолотая	–	–	–	34,0	28,0
Клейковина сухая пшеничная	6,0	5,8	5,8	5,8	11,2
Соль пищевая	5,0	4,4	4,4	4,5	4,2
Сухая молочная подсырная сыворотка	–	5,8	–	–	–
Сухая молочная деминерализованная сыворотка	–	–	5,8	–	–
Сахар белый	–	–	–	5,7	5,6
смесь 1 диабетического назначения с внесением ячменной цельносмолотой муки; смесь 2 диабетического назначения с мукой из гречки, сухой молочной подсырной сыворотки; смесь 3 диабетического назначения с мукой из гречки, сухой молочной деминерализованной сыворотки; смесь 4 с цельносмолотой чечевичной мукой и цельносмолотой мукой из бурого риса; смесь 5 с текстурированной чечевичной мукой и цельносмолотой мукой из бурого риса.					

вносимых рецептурных компонентов, которые имеют следующий вид:

$$y_1 = 9{,}04245+0{,}0944108\cdot x_1–0{,}0822172\cdot x_2 \quad (1)$$

$$y_2 = 33{,}6665+0{,}248744\cdot x_1–0{,}337058\cdot x_2 \quad (2)$$

$$y_3 = 75{,}7285–0{,}391062\cdot x_1 \quad (3)$$

$$y_4 = 2{,}8144–0{,}033\cdot x_1–0{,}0015\cdot x_2 \quad (4)$$

где y_1 – содержание белка, г;

y_2 – содержание магния, г;

y_3 – пористость мякиша хлеба, см^3/г;

y_4 – удельный объём хлеба, см^3/г;

x_1 – количество муки чечевичной цельносмолотой, %;

x_2 – количество муки из бурого риса цельносмолотой, %.

С учётом полученной математической модели подготовлены хлебопекарные композитные смеси с различными соотношениями рецептурных компонентов, содержание которых соответствовало оптимальному значению, определенному по результатам исследований показателей качества хлебобулочных изделий и их пищевой ценности.

С учётом полученных на предварительных этапах исследования результатов подготовлены хлебопекарные композитные смеси с различными соотношениями рецептурных компонентов [31]. В таблице 1 приведено соотношение рецептурных компонентов для 300 г смеси.

Разработанные хлебопекарные композитные смеси – композиции, состоящие из нескольких ингредиентов. Физическое состояние такой композиции определяет слеживаемость, хранимость, возможность дозирования, равномерность распределения теста при замесе. В связи с этим были изучены физико-химические свойства композитных смесей: гранулометрический состав, однородность, влажность, кислотность, массовая доля золы, цветность, белизна и желтизна.

Анализ гранулометрического состава хлебопекарных композитных смесей показал (рис. 1), что размеры частиц исследованных смесей были в пределах 5–600 мкм. Содержание частиц в интервале от 10 до 50 мкм составляло 30–35 % от их общего объёма. Не выявлено существенного отличия гранулометрического состава исследуемых образцов смесей.

Степень однородности композитных смесей является важнейшим фактором для оптимального протекания коллоидных и биохимических процессов при приготовлении хлеба. Однородность образцов составила 1,1–1,3 ед. лазерного дифракционного анализатора размеров частиц. Это позволило характеризовать смеси, как близкие к однородным. Эталон однородности составляет по анализатору размеров частиц 1. Полученные результаты позволяют предположить, что в процессе хранения смеси будут сохранять равномерное распределение рецептурных компонентов и способствовать получению качественных хлебобулочных изделий.

Физико-химические показатели качества композитных смесей представлены в таблице 2. Такие характеристики разработанных смесей позволят легко внедрять их в технологический процесс действующих предприятий, выпускающих хлебобулочные изделия. Внедрение может осуществляться

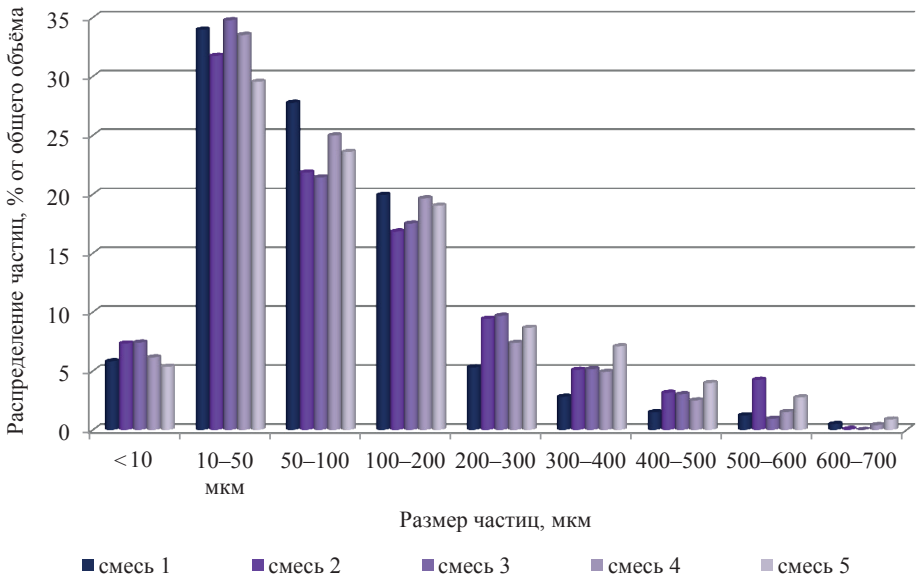


Рисунок 1. Гранулометрический состав хлебопекарных композитных смесей: смесь 1 – с ячменной мукой; смесь 2 – с гречневой мукой с внесением сыворотки молочной подсырной сухой; смесь 3 – с гречневой мукой с внесением сыворотки молочной деминерализованной сухой; смесь 4 – с цельносмолотой мукой чечевичной и из бурого риса; смесь 5 – с чечевичной текстурированной мукой и цельносмолотой из бурого риса

Figure 1. Granulometric composition of composite baking mixes: mix 1 – with barley flour; mix 2 – with buckwheat flour and dry cheese whey; mix 3 – with buckwheat flour and dry demineralized whey; mix 4 – with whole-ground lentil flour and brown rice; mix 5 – with lentil textured flour and whole-wheat brown rice

Таблица 2. Физико-химические показатели хлебопекарных композитных смесей

Table 2. Physical and chemical characteristics of the baking composite mixes

Наименование смесей	Влажность смеси, %	Кислотность смеси, град	Массовая доля золы, %	Цветность смеси	Белизна смеси	Желтизна смеси
Хлебопекарная смесь с ячменной мукой	12,2 ± 0,1	6,0 ± 0,1	1,73 ± 0,07	L – 92,08 a – 0,86 b – 10,91	27,72 ± 0,03	21,65 ± 0,02
Хлебопекарная смесь с гречневой мукой с внесением сыворотки молочной подсырной сухой	10,1 ± 0,1	6,0 ± 0,1	1,52 ± 0,05	L – 88,99 a – 1,55 b – 11,00	23,65 ± 0,07	22,97 ± 0,03
Хлебопекарная смесь с гречневой мукой с внесением сыворотки молочной деминерализованной сухой	10,0 ± 0,1	6,2 ± 0,2	1,55 ± 0,05	L – 89,05 a – 1,50 b – 10,97	23,87 ± 0,06	22,87 ± 0,05
Хлебопекарная смесь с цельносмолотой мукой чечевичной и из бурого риса	11,3 ± 0,2	6,0 ± 0,1	1,20 ± 0,03	L – 91,50 a – 0,63 b – 11,79	23,01 ± 0,04	23,15 ± 0,08
Хлебопекарная смесь с чечевичной текстурированной мукой и цельносмолотой из бурого риса	11,0 ± 0,1	6,0 ± 0,1	1,20 ± 0,01	L – 91,71 a – 0,65 b – 11,92	23,21 ± 0,04	23,32 ± 0,04

с использованием типового оборудования для дозирования и хранения.

Анализ таблица 2 показал, что хлебопекарная смесь с ячменной мукой по показателю белизны имеет высокие показатели. Цвет изделий зависит от цвета основного и дополнительного сырья и условий технологического процесса производства. Изделия, приготовленные из хлебопекарной смеси с гречневой мукой, будут иметь более темный цвет. Белый или слегка кремовый цвет характерен для изделий из хлебопекарной смеси с ячменной мукой. Показатели влажности, кислотности и зольности смесей зависят от входящих в них ингредиентов.

Проведены пробные лабораторные выпечки из разработанных композитных смесей. В таблице 3 представлены результаты этой серии экспериментов.

Анализ качества хлебобулочных изделий, приготовленных из смесей, показал, что все пробы

Таблица 3. Органолептические и физико-химические показатели хлебобулочных изделий, приготовленных из композитных смесей

Table 3. Sensory, physical, and chemical properties of bakery products made from the composite mixes

Показатели качества	Хлебобулочные изделия из композитных смесей				
	смесь 1	смесь 2	смесь 3	смесь 4	смесь 5
Внешний вид: форма	правильная, соответствующая хлебной форме, в которой производилась выпечка				
Поверхность корки	гладкая, без пузырей, трещин и подрывов				
Цвет корки	золотистый	коричневый		светло-коричневый	
Состояние мякиша: пропеченность	пропечённый, не липкий, не влажный на ощупь, эластичный				
Промес	без комочков и следов непромеса				
Пористость	средняя, развитая, без пустот и уплотнений, достаточно равномерная				
Цвет мякиша	белый	темный		серый	
Вкус	свойственный хлебу	свойственный хлебу с наличием гречневого привкуса		свойственный хлебу	
Запах	свойственный хлебу	свойственный хлебу с наличием гречневого привкуса		свойственный хлебу	
Удельный объем, $см^3/г$	2,9 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,5 ± 0,1	2,6 ± 0,1
Пористость мякиша, %	78 ± 2	60 ± 1	62 ± 1	72 ± 1	73 ± 1
Кислотность мякиша, град	3,0 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,8 ± 0,1	2,8 ± 0,1	3,4 ± 0,2
Влажность мякиша, %	43,7 ± 0,1	50,9 ± 0,1	51,1 ± 0,1	42,9 ± 0,1	43,7 ± 0,1

Таблица 4. Степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека в некоторых пищевых веществах при употреблении 100 г хлебобулочных изделий, приготовленных из композитных смесей

Table 4. Percentage from of the daily requirements of an adult diet in certain food substances when consuming 100 g of bakery products made from the composite mixes

Наименование пищевых веществ	Степень удовлетворения суточной потребности, %				
	смесь 1	смесь 2	смесь 3	смесь 4	смесь 5
Белки	11,0	10,0	10,0	11,5	13,0
Жиры	6,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Углеводы	12,5	11,5	11,5	13,5	12,5
Пищевые волокна	13,0	20,0	20,0	20,0	18,5
Калий	5,0	8,5	8,5	6,0	6,5
Кальций	2,5	3,0	3,0	2,0	2,5
Магний	8,0	14,5	14,5	9,5	9,0
Фосфор	12,5	23,0	23,5	13,5	13,5
Железо	13,0/7,0	23,0/13,0	23/13,0	19,0/10,5	23,0/13,0
B_1	13,5	20,0	20,0	13,5	13,5
B_2	4,0	5,5	5,5	4,0	4,0
PP	9,0	4,0	4,0	7,5	7,0
Энергетическая ценность	11,5	9,0	9,0	10,5	10,0

изделий характеризовались удовлетворительными органолептическими и физико-химическими показателями качества.

Произведен расчет содержания основных пищевых веществ в 100 г хлебобулочных изделий, приготовленных из композитных смесей. Степень удовлетворения суточной потребности определяли в соответствии с методическими рекомендациями МР 2.3.1.2432-08. Расчетная степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека приведена в таблице 4. При употреблении хлебобулочных изделий, приготовленных из хлебопекарных смесей, степень удовлетворения суточной потребности в пищевых веществах покрывается по белку на 10–13 %, пищевым волокнам – на 13–20 %, магнию – на 8–14,5 %, фосфору – на 12,5–23,5 %, витамину B_1 – на 13,5–20,0 % в зависимости от вида изделий.

Результаты определения пищевой ценности и степени удовлетворения суточной потребности взрослого человека при употреблении хлебобулочных изделий, приготовленных из разработанных композитных смесей, подтвердили эффективность использования пищевых компонентов в их рецептурах, способствующих увеличению содержания белков, пищевых волокон, минеральных веществ.

Выводы

По результатам комплексных исследований разработано 5 композитных хлебопекарных смесей для здорового питания: смесь 1 диабетического назначения с внесением ячменной цельносмолотой муки; смесь 2 диабетического назначения с гречневой мукой и сухой молочной подсырной сывороткой; смесь 3 диабетического назначения с внесением гречневой муки и сухой молочной деминерализованной сывороткой; смесь 4 с внесением цельносмолотой муки из чечевицы и цельносмолотой муки из бурого риса; смесь 5 с внесением муки чечевичной текстурированной, цельносмолотой муки из бурого риса. Все хлебобулочные изделия, приготовленные из смесей, характеризовались удовлетворительными органолептическими и физико-химическими показателями качества. Результаты определения пищевой ценности хлебобулочных изделий, приготовленных из разработанных композитных хлебопекарных смесей, подтвердили эффективность использования пищевых компонентов в их рецептурах, способствующих увеличению содержания белков, пищевых волокон, минеральных веществ.

Анализ гранулометрического состава разработанных композитных хлебопекарных смесей показал, что размеры частиц исследованных смесей были в пределах 5–600 мкм. При этом содержание частиц в интервале от 10 до 50 мкм составляло 30–35 % от их общего объёма. Не выявлено существенного отличия гранулометрического состава исследуемых образцов смесей. Однородность образцов составила 1,1–1,3 ед. лазерного дифракционного анализатора размеров частиц, т. е. смеси близки к однородным, что позволяет прогнозировать равномерное распределение рецептурных компонентов в процессе хранения и получение качественных хлебобулочных изделий. Такие характеристики разработанных смесей позволят легко внедрять их в технологический процесс действующих предприятий, выпускающих хлебобулочные изделия. Внедрение может осуществляться с использованием типового оборудования для дозирования и хранения.

Критерии авторства

Е. В. Невская руководила проектом, разрабатывала концепцию и дизайн исследования. Е. В. Невская, И. А. Тюрина, О. Е. Тюрина, М. Т. Шулбаева, М. Н. Потапова, Я. С. Головачева принимали непосредственное участие в написании статьи, в равных долях занимались получением данных, анализом информации и ее интерпретацией.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

E.V. Nevskaya supervised the project and developed the concept and design of the study. E.V. Nevskaya, I.A. Tyurina, O.E. Tyurina, M.T. Shulbaeva, M.N. Potapova, and Ya.S. Golovacheva wrote the manuscript and were equally involved in obtaining the data, analysis, and interpretation.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Пономарёва, О. И. Решение проблемы здорового питания населения Ленинградской области / О. И. Пономарёва // Хлебопечение России. – 2006. – № 1. – С. 12–14.

2. Кудряшева, А. А. Влияние питания на здоровье человека / А. А. Кудряшева // Пищевая промышленность. – 2004. – № 12. – С. 88–96.

3. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products / E. V. Nevskaya, D. M. Borodulin, V. L. Potekha [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 99–109. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109.

4. Пащенко, Л. П. Рациональное использование растительного белоксодержащего сырья в технологии хлеба / Л. П. Пащенко, И. М. Жаркова. – Воронеж : Воронеж, 2003. – 239 с.

5. Воропаева, О. Н. Разработка технологии хлебобулочных изделий с мучными композитными смесями: дис. … канд. техн. наук: 05.18.01 / Воропаева Ольга Николаевна. – Воронеж, 2008. – 234 с.

6. Письменный, В. Хлебобулочные изделия повышенной пищевой ценности на основе пектиновых смесей / В. Письменный, А. Черкашин, Л. Скибина // Хлебопродукты. – 2006. – № 10. – С. 42–43.

7. Санина, Т. В. Научные основы технологий хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышенной пищевой ценности: дис. … канд. техн. наук: 05.18.01 / Санина Татьяна Викторовна. – Воронеж, 2001. – 587 с.

8. Чурилина, Н. С. Нетрадиционное сырьё в хлебопекарном производстве / Н. С. Чурилина, И. М. Матвеева, З. Л. Попова // Хлебопродукты. – 2004. – № 9. – С. 26.

9. Bread quality substituted by potato starch instead of wheat flour / F. Nemar, A. D. Bouras, M. Koiche [et al.] // Italian Journal of Food Science. – 2015. – Vol. 27, № 3. – P. 345–350. DOI: https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v277.

10. О перспективах использования муки из пшена при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / И. М. Русина, А. Ф. Макарчиков, К. Ю. Чекан [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2014. – Т. 24, № 2. – С. 39–45.

11. О возможности применения муки из фасоли и гороха в хлебопечении / И. М. Русина, А. Ф. Макарчиков, Т. П. Троцкая [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 22–27.

12. Ferrero, C. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review / C. Ferrero // Food Hydrocolloids. – 2017. – Vol. 68. – P. 15–22. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.044.

13. Bigne, F. Fibre enrichment of wheat flour with mesquite (*Prosopis* spp.): Effect on breadmaking performance and staling / F. Bigne, M. C. Puppo, C. Ferrero // LWT – Food Science and Technology. – 2016. – Vol. 65. – P. 1008–1016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.028.

14. Awolu, O. O. Optimization of the functional characteristics, pasting and rheological properties of pearl millet-based composite flour / O. O. Awolu // Heliyon. – 2017. – Vol. 3, № 2. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00240.

15. Collar, C. Impact of visco-metric profile of composite dough matrices on starch digestibility and firming and retrogradation kinetics of breads thereof: Additive and interactive effects of non-wheat flours / C. Collar // Journal of Cereal Science. – 2016. – Vol. 69. – P. 32–39. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.006.

16. Microbiological and technological characterization of sourdoughs destined for bread-making with barley flour / E. Zannini, C. Garofalo, L. Aquilanti [et al.] // Food Microbiology. – 2009. – Vol. 26, № 7. – P. 744–753. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.014.

17. Марков, А. С. Разработка комплексных хлебопекарных смесей на основе продукции фирмы «Ирекс» / А. С. Марков, А. С. Романов, А. О. Павлова // Хлебопродукты. – 2013. – № 12. – С. 46–47.

18. Сокол, Н. В. Влияние на хлебопекарные свойства смесей пшеничной муки с продуктами переработки овса / Н. В. Сокол, А. Т. Казарцева, Н. С. Санжаровская // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 49. – С. 162–168.

19. Стабровская, О. И. Комплексный подход к разработке хлебопекарных смесей / О. И. Стабровская, О. А. Гарифуллина // Хлебопечение России. – 2008. – № 2. – С. 17–18.

20. Использование ячменной муки в производстве хлебобулочных изделий / Т. Г. Богатырёва, И. Г. Белявская, И. П. Толмачёва [и др.] // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2015. – Т. 161, № 10. – С. 16–18.

21. Саитова, М. Э. Гречневая мука в диетическом питании / М. Э. Саитова, Г. Г. Дубцов // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2014. – Т. 148, № 3–4. – С. 14–15.

22. Саитова, М. Э. Гречневая мука при производстве мучных и кулинарных изделий / М. Э. Саитова, Г. Г. Дубцов // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2018. – Т. 175, № 3–4. – С. 36–39.

23. Темникова, О. Е. Влияние различных концентраций гречневой муки и способов тестоведения на качество хлеба / О. Е. Темникова, Н. А. Егорцев, А. В. Зимичев // Хлебопечение России. – 2012. – № 1. – С. 14–15.

24. Шмалько, Н. А. Реологические характеристики углеводно-амилазного комплекса хлебопекарных смесей с амарантовой мукой / Н. А. Шмалько, И. А. Чалова, Н. Л. Ромашко // Техника и технология пищевых производств. – 2011. – Т. 22, № 3. – С. 82–86.

25. Лихачева, Е. И. О повышении качества и пищевой ценности хлеба из пшеничной муки / Е. И. Лихачева, Ю. С. Рыбаков, О. С. Кудрина // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века : Материалы международной научно-практической конференции / Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2009. – С. 145–147.

26. Мусина, О. Н. Системное моделирование многокомпонентных продуктов питания / О. Н. Мусина, П. А. Лисин // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – Т. 27, № 4. – С. 32–37.

27. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: a case study / O. Musina, P. Putnik, M. Koubaa [et al.] // Trends in Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 64. – P. 48–59. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.011.

28. Стабровская, О. И. Гликемический индекс как критерий оптимизации состава многокомпонентных смесей / О. И. Стабровская, О. Г. Короткова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 1. – С. 34–36.

29. Кузнецова, Л. И. Повышение качества и пищевой ценности безглютенового хлеба / И. Л. Кузнецова, Н. О. Дубровская, О. И. Парахина // Хлебопечение России. – 2015. – № 3. – С. 19–22.

30. Научные основы разработки безглютеновых смесей / Л. И. Кузнецова, Г. В. Мельников, Н. Д. Мельников [и др.] // Хлебопечение России. – 2001. – № 3. – С. 30–31.

31. Разработка рецептур и технологий хлебобулочных изделий специализированного и функционального назначения на основе продуктов переработки крупяных культур / Е. В. Невская, Л. А. Шлеленко, О. Е. Тюрина [и др.] // Хранение и переработка зерна. – 2014. – Т. 180, № 3. – С. 36–38.

References

1. Ponomaryova OI. Reshenie problemy zdorovogo pitaniya naseleniya Leningradskoy oblasti [Solution to the problem of healthy nutrition for the population of Leningrad Region]. Baking in Russia. 2006;(1):12–14. (In Russ.).

2. Kudryasheva AA. Vliyanie pitaniya na zdorov′e cheloveka [Effect of nutrition on human health]. Food Industry. 2004;(12):88–96. (In Russ.).

3. Nevskaya EV, Borodulin DM, Potekha VL, Nevskiy AA, Lobasenko BA, Shulbaeva MT. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):99–109. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109.

4. Pashchenko LP, Zharkova IM. Ratsional′noe ispol′zovanie rastitel′nogo beloksoderzhashchego syr′ya v tekhnologii khleba [Rational use of vegetable protein-containing raw materials in bread technology]. Voronezh: Voronezh; 2003. 239 p. (In Russ.).

5. Voropaeva ON. Razrabotka tekhnologii khlebobulochnykh izdeliy s muchnymi kompozitnymi smesyami [New technology for bakery products from composite baking mixes]. Cand. eng. sci. diss. Voronezh: Voronezh State Technological Academy; 2008. 234 p.

6. Pis'menny V, Cherkashin A, Skibina L. Bakery goods with the raised food value on the basis of pectin blends. Bread products. 2006;(10):42–43. (In Russ.).

7. Sanina TV. Nauchnye osnovy tekhnologiy khlebobulochnykh i muchnykh konditerskikh izdeliy povyshennoy pishchevoy tsennosti [Scientific principles of technology of bakery and flour confectionery products of high nutritional value]. Voronezh: Voronezh State Technological Academy; 2001. 587 p.

8. Churilina NS, Matveeva IM, Popova ZL. Netraditsionnoe syr′yo v khlebopekarnom proizvodstve [Unconventional raw materials in baking industry]. Bread products. 2004;(9):26. (In Russ.).

9. Nemar F, Bouras AD, Koiche M, Assal N-E, Mezaini A, Prodhomme J. Bread quality substituted by potato starch instead of wheat flour. Italian Journal of Food Science. 2015;27(3):345–350. DOI: https://doi.org/10.14674/1120-1770/ijfs.v277.

10. Rusina IM, Makarchikov AF, Trotskaya TP, Chekan KYu. Prospects of millet flour use for bread and flour confectionery production. Food Industry: Science and Technology. 2014;24(2):39–45. (In Russ.).

11. Rusina IM, Makarchikov AF, Trotskaya TP, Mistsiuk YV, Kavaleuskaja SS. Possibilities of kidney beans flour and pea flour using for bread production. Food Industry: Science and Technology. 2012;18(4):22–27. (In Russ.).

12. Ferrero C. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. Food Hydrocolloids. 2017;68:15–22. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.044.

13. Bigne F, Puppo MC, Ferrero C. Fibre enrichment of wheat flour with mesquite (Prosopis spp.): Effect on breadmaking performance and staling. LWT – Food Science and Technology. 2016;65:1008–1016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.028.

14. Awolu OO. Optimization of the functional characteristics, pasting and rheological properties of pearl millet-based composite flour. Heliyon. 2017;3(2). DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00240.

15. Collar C. Impact of visco-metric profile of composite dough matrices on starch digestibility and firming and retrogradation kinetics of breads thereof: Additive and interactive effects of non-wheat flours. Journal of Cereal Science. 2016;69:32–39. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.02.006.

16. Zannini E, Garofalo C, Aquilanti L, Santarelli S, Silvestri G, Clementi F. Microbiological and technological characterization of sourdoughs destined for bread-making with barley flour. Food Microbiology. 2009;26(7):744–753. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fm.2009.07.014.

17. Markov AS, Romanov AS, Pavlova AO. Development of complete baking on the basis of production by firm Ireks. Bread products. 2013;(12):46–47. (In Russ.).

18. Sokol NV, Kazartseva AT, Sanzharovsky NS. Impact on baking properties wheat flour mixes with the products of oat. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2014;(49):162–168. (In Russ.).

19. Stabrovskaya OI, Garifullina OA. Complex approach to development of bakery mixes. Baking in Russia. 2008;(2):17–18. (In Russ.).

20. Bogatyryova TG, Belyavskaya IG, Tolmachyova IP, Berdyshnikova ON, Bykovchenko TV. Ispol′zovanie yachmennoy muki v proizvodstve khlebobulochnykh izdeliy [Barley flour in bakery production]. Confectionery and Baking Industry. 2015;161(10):16–18. (In Russ.).

21. Saitova MEh, Dubtsov GG. Grechnevaya muka v dieticheskom pitanii [Buckwheat flour in dietic nutrition]. Confectionery and Baking Industry. 2014;148(3–4):14–15. (In Russ.).

22. Saitova MEh, Dubtsov GG. Grechnevaya muka pri proizvodstve muchnykh i kulinarnykh izdeliy [Buckwheat flour in the production of flour and culinary products]. Confectionery and Baking Industry. 2018;175(3–4):36–39. (In Russ.).

23. Temnikova OE, Egorcev NA, Zimichev AV. The effect of different concentrations of buckwheat flour and dough process methods on bread qulity. Baking in Russia. 2012;(1):14–15. (In Russ.).

24. Shmalko NA, Chalova IA, Romashko NL. Rheological characteristics of carbohydrate-amylase complex of baking mixes with amaranth flour. Food Processing: Techniques and Technology. 2011;22(3):82–86. (In Russ.).

25. Likhacheva EI, Rybakov YuS, Kudrina OS. O povyshenii kachestva i pishchevoy tsennosti khleba iz pshenichnoy muki [On improving the quality and nutritional value of wheat flour bread]. Khlebobulochnye, konditerskie i makaronnye izdeliya XXI veka: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Bakery, Confectionery, and Pasta of the XXI century: Materials of the international scientific and practical conference]; 2009. Krasnodar. Krasnodar: Kuban State Technological University; 2009. p. 145–147. (In Russ.).

26. Musina ON, Lisin PA. System modeling of multicomponent foods. Food Processing: Techniques and Technology. 2012;27(4):32–37. (In Russ.).

27. Musina O, Putnik P, Koubaa M, Barba FJ, Greiner R, Granato D, et al. Application of modern computer algebra systems in food formulations and development: a case study. Trends in Food Science and Technology. 2017;64:48–59. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.011.

28. Stabrovskaya OI, Korotkov OG. Glychemic index as criterion of optimisation of structure of multicomponent mixes. Storage and Processing of Farm Products. 2010;(1):34–36. (In Russ.).

29. Kuznetsova LI, Dubrovskaya NO, Parakhina OI. Improving the quality and nutritional value of gluten-free bread. Baking in Russia. 2015;(3):19–22. (In Russ.).

30. Kuznetsova LI, Mel′nikov GV, Mel′nikov ND, Sinyakovskaya ND. Nauchnye osnovy razrabotki bezglyutenovykh smesey [Scientific foundations for the development of gluten-free mixes]. Baking in Russia. 2001;(3):30–31. (In Russ.).

31. Nevskaya EV, Shlelenko LA, Tyurina OE, Smirnov SO, Urubkov SA. Razrabotka retseptur i tekhnologiy khlebobulochnykh izdeliy spetsializirovannogo i funktsional′nogo naznacheniya na osnove produktov pererabotki krupyanykh kul′tur [New formulations and technologies for specialized and functional bakery foods based on products of grain processing]. Khranenie i pererabotka zerna [Storage and Processing of Grain]. 2014;180(3):36–38. (In Russ.).

Сведения об авторах

Невская Екатерина Владимировна
канд. техн. наук, руководитель центра технологий, биохимических и микробиологических исследований, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (495) 025-41-44, e-mail: katerinarose@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5310-3412

Тюрина Ирина Анатольевна
канд. техн. наук, старший научный сотрудник центра технологий, биохимических и микробиологических исследований, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (495) 025-41-44, e-mail: minyyc@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4061-8396

Тюрина Ольга Евгеньевна
канд. техн. наук, ученый секретарь, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (495) 025-41-44, e-mail: minyyc@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7863-0772

Шулбаева Маргарита Терентьевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: sh-m-t@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-4571-5571

Information about the authors

Ekaterina V. Nevskaya
Cand.Sci.(Eng.), Head of the Center for Technology, Biochemical and Microbiological Research, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol′shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (495) 025-41-44, e-mail: katerinarose@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5310-3412

Irina A. Tyurina
Cand.Sci.(Eng.), Senior Researcher of the Center for Technology, Biochemical and Microbiological Research, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol′shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (495) 025-41-44, e-mail: minyyc@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4061-8396

Olga E. Tyurina
Cand.Sci.(Eng.), Scientific Secretary, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol′shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (495) 025-41-44, e-mail: minyyc@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7863-0772

Margarita T. Shulbaeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: sh-m-t@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0003-4571-5571

Потапова Марина Николаевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: potap-1962@list.ru
https://orcid.org/0000-0001-6664-5547

Головачева Яна Сергеевна
магистрант кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: golovacheva-96@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6521-9308

Marina N. Potapova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: potap-1962@list.ru
https://orcid.org/0000-0001-6664-5547

Yana S. Golovacheva
Undergraduate of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: golovacheva-96@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-6521-9308

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-545-554
Оригинальная статья
УДК 634.1:631.563
http://fptt.ru/

Влияние метеоусловий на лежкость плодов иммунных к парше колонновидных сортов яблони

А. Л. Никитин*, М. А. Макаркина

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур»,
302530, Россия, Орловская область, Орловский район, п/о Жилина

**e-mail: nikitin@vniispk.ru*

Дата поступления в редакцию: 20.06.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

© А. Л. Никитин, М. А. Макаркина, 2019

Аннотация.
Введение. Погодные условия вегетационного периода оказывают влияние на продолжительность хранения, эффективный выход товарных плодов после него, степень их поражения физиологическими расстройствами и микробиологическими заболеваниями. В связи с этим изучение новых сортов яблонь по их хозяйственно-биологическим показателям, в том числе по определению лежкости их плодов и изучению влияния различных факторов на продолжительность хранения, является актуальным.
Объекты и методы исследования. Изучена лежкость пяти новых иммунных к парше колонновидных сортов яблони селекции ВНИИСПК – «Восторг», «Звезда эфира», «Поэзия», «Приокское» и «Созвездие», плоды которых хранили в промышленном холодильнике института при температуре +2 °С. В качестве прогностического индикатора потенциальной эффективной лежкости плодов использовали гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК).
Результаты и их обсуждение. Установлено влияние метеорологических условий вегетационного периода на эффективный выход товарных плодов. Лучшая сохраняемость зафиксирована в годы с достаточным количеством осадков в вегетационный период. Наиболее комфортные для продолжительного хранения плодов условия сезонного увлажнения формировались для сортов «Звезда эфира» и «Созвездие» в 2014 году, «Поэзия» и «Приокское» в 2016 году при ГТК на уровне 1,0. Лежкость плодов, в зависимости от метеоусловий вегетационного периода, имеет сортовую специфичность. Самый высокий товарный выход плодов после хранения отмечен у сорта «Созвездие» в 2014 году – 96,7 %, самый низкий – 64,2 % у сорта «Восторг» в 2016 году. Плоды сорта «Созвездие» во все годы изучения имели наивысшую эффективную сохраняемость товарных плодов – 83,6–96,7 % (в среднем по годам 92,0 %). Хуже других сортов сохранялись плоды сортов «Восторг» и «Поэзия» (в среднем по годам 76,2, 76,8 % товарных плодов соответственно).
Выводы. На эффективную лежкость плодов неблагоприятно воздействуют дефицит осадков и избыток тепла в период за 30 суток перед съемом урожая, что привело к поражению их «загаром». Сорта «Звезда эфира» и «Созвездие» абсолютно устойчивы к «загару». Засушливый 2012 год явился стрессовым для плодов яблони, что отразилось в существенном повышении уровня аскорбиновой кислоты в плодах в процессе хранения – 82,8 % от исходного показателя. ГТК целесообразно использовать в качестве одного из предикторных индикаторов качества плодов при съеме и потенциальной их лежкости.

Ключевые слова. Плодоводство, хранение, яблоня, иммунитет, колонновидность, температура, осадки, товарность, качество

Финансирование. Материалы подготовлены в рамках выполнения диссертационного исследования.

Для цитирования: Никитин, А. Л. Влияние метеоусловий на лежкость плодов иммунных к парше колонновидных сортов яблони / А. Л. Никитин, М. А. Макаркина // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 545–554. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-545-554.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Effect of Meteorological Conditions on Storability of the Scab-Immune Columnar Apple Varieties

A.L. Nikitin*, M.A. Makarkina

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding,
Zhilina, Orel region, 302530, Russia

Received: June 20, 2019
Accepted: October 15, 2019

*e-mail: nikitin@vniispk.ru

© A.L. Nikitin, M.A. Makarkina, 2019

Abstract.
Introduction. Weather conditions during vegetative period have an effect on the duration of fruit storage, as well as the yield of commercial fruits unaffacted by physiological disorders or microbiological diseases. In this regard, new apple varieties demand a detailed study of economic and biological indicators, determination of storage period, and various factors that may affect it.
Study objects and methods. The research featured preservation capacity of five new scab-immune columnar apple varieties cultivated at the All-Russian Research Institute for Fruit Crop Breeding (Orlov Region, Russia), namely 'Vostorg', 'Zvezda' 'Efira', 'Poezia', 'Priokskoye', and 'Sozvezdiye'. The apples were stored in an industrial refrigerator at +2°C. The Selyaninov's hydrothermal coefficient (HTC) was used as a predictive indicator of the potentially effective storability.
Results and discussion. A set of experiments was conducted to determine the effect of the weather conditions during the vegetative period on the yield of commercial fruits. The best preservation was recorded for the fruits harvested in the years with sufficient rainfall during the growing season. The most comfortable conditions of seasonal humidification for the long-term storage of fruits were formed for 'Zvezda Efira' and 'Sozvezdiye' in 2014 and 'Poezia' and 'Priokskoye' in 2016 at HTC = 1.0. The storability depended on the weather conditions during the growing season and the variety. The 'Sozvezdiye' variety showed the highest commercial yield after storage in 2014 (96.7%), while the lowest commercial yield (64.2%) belonged to the 'Vostorg' apples in 2016. 'Sozvezdiye' had the highest effective persistence of commercial fruits (83.6–96.7%) during the whole study period (92.0% on average). 'Vostorg' and 'Poezia' demonstrated worse results than other varieties (76.2% and 76.8% on average, respectively).
Conclusion. Poor precipitation and excess heat in the period of 30 days before harvesting adversely affected the fruit storability, which led to scald. 'Zvezda Efira' and 'Sozvezdiye' were absolutely stable to scald. The dry year of 2012 had a positive effect on the apples as the level of ascorbic acid increased during storage (82.8% of the baseline). Therefore, it is advisable to use HTC to predict fruit quality and storage period.

Keywords. Fruitgrowing, storage, apple, immunity, columnar, temperature, precipitation, marketability, quality

Finding. The research was performed as part of the related dissertation research.

For citation: Nikitin AL, Makarkina MA. Effect of Meteorological Conditions on Storability of the Scab-Immune Columnar Apple Varieties. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):545–554. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-545-554.

Введение

Климат главным образом обуславливает ареал распространения и зональность районирования сортов яблони, оказывая влияние на продуктивность садов и качество плодов [1].

Погодные условия в значительной степени оказывают влияние на качественные характеристики плодов, формирующихся в вегетационный период, сказываясь на их размерах, массе, химическом составе и перспективной лежкости. Плоды, снятые с дерева на одну декаду раньше оптимального срока съема (с не достаточно аккумулированной температурной энергией), продуцируют пониженную массу плодов, что ведет к недобору урожая на 10–15 % [2–9]. Стрессовые погодные условия (длительное или краткосрочное воздействие повышенных либо пониженных температур, недостаточность или избыток осадков) существенно влияют на степень зрелости плодов и их поражение функциональными расстройствами [10, 11].

Метеоусловия вегетационного периода: количество осадков, сумма среднесуточных температур воздуха выше +10 °С, число жарких дней за 4 недели до съема плодов, гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) способствуют интенсивности или замедлению функционирования механизмов накопления питательных веществ в плодах, определяют их пищевые качества и влияют на продолжительность их эффективного хранения, являясь дополнительными прогностическими показателями для определения оптимальных сроков уборки плодов.

Для стабильной лежкости плодов необходимо, чтобы период вегетации проходил при равномерном выпадении осадков, без резких атмосферных температурных колебаний и ГТК = 1,0–1,4. При очень жаркой погоде с обильными осадками перед началом съема плоды быстрее созревают. Одновременно с этим создаются условия для значительного ухудшения условий, формирующих устойчивость плодов к функциональным расстройствам (ФР) – «загару» и побурению мякоти. Это снижает качественные характеристики плодов и их лежкость. В жаркое и сухое лето плоды при хранении подвержены поражению стекловидностью. При холодной и дождливой погоде в период созревания плоды замедляют свой рост и созревание, имеют высокую кислотность, пониженную сахаристость, не достаточно интенсивно окрашены. Кроме того, при таких условиях при хранении плоды интенсивнее поражаются «загаром».

Погодные условия за месяц перед съемом плодов чрезвычайно влияют на развитие ФР яблок и их последующую лежкость. Чем жарче в этот

период днем и выше температуры ночью, тем вероятнее поражение плодов «загаром». Потери от него увеличиваются, если за месяц перед уборкой плодов сумма температур превышает 360–380 °С. Метеорологические показатели за этот период являются прогностическими, способными дать информацию о возможном поражении плодов ФР.

Во Всероссийской НИИ селекции плодовых культур (ВНИИСПК) (г. Орёл) создана группа колонновидных сортов яблони, являющихся новой биологической формой растений, обладающих рядом преимуществ: компактной кроной, позволяющей сокращать трудовые затраты на формирование кроны, быстрой отдачей урожая и др. [12]. В связи с эти возникает вопрос о более детальном изучении новых сортов по их хозяйственно-биологическим показателям, в том числе по определению лежкости их плодов и изучению влияния различных факторов на продолжительность хранения.

Объекты и методы исследования

Этап научных исследований проводили в опытной камере промышленного холодильника и лаборатории биохимической и технологической оценки сортов и хранения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур» (ВНИИСПК). Отбор проб осуществляли на участках первичного сортоизучения. Объектами исследований являлись 5 новых иммунных к парше колонновидных сортов яблони селекции ВНИИСПК – «Восторг», «Звезда эфира», «Поэзия», «Приокское» и «Созвездие», полученные под руководством академика РАН Е. Н. Седова. Исследования проводили в 2012, 2014, 2016 и 2018 годах по общепринятым методикам [13]. Для оценки увлажнения рассчитывался ГТК – показатель территориальной засухи, предложенный климатологом Г. Т. Селяниновым. ГТК вычисляется как отношение суммы осадков к сумме среднесуточных температур 10 °С и выше с коэффициентом 0,1. Величина ГТК в пределах 1,0–1,4 обусловливает оптимальное увлажнение, более 1,4 – избыточное, менее 1,0 – засуху.

Плоды хранили при температурном режиме +2 °С и относительной влажности воздуха 85–9 %. Изучали выход товарных плодов на конец хранения и потери плодов, в том числе от физиологических (функциональных) расстройств (ФР) и микробиологических заболеваний (МЗ).

Температуру в холодильной камере измеряли минимальным и метеорологическим термометрами, а также термографом; относительную влажность воздуха – психрометром Ассмана и волосяным гигрографом; ФР и МЗ плодов в конце хранения определяли методом визуального наблюдения по определителям болезней растений и альбому «Болезни плодов, овощей и картофеля при хранении» [14]. Потери как от ФР, так и от МЗ классифицировали по видам и по степени пораженности и поврежденности. Учеты дефектных плодов проводили по количеству с пересчетом на проценты. В случае поражения одного плода несколькими расстройствами или заболеваниями учет вели по преобладающему.

Графическое представление данных выполняли с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Повсеместное изменение климата оказывает влияние на природные и антропогенные системы [15]. Экстремальные температурные показатели повсеместно повышаются [16]. В начале XXI столетия на всей территории России фиксируется рост суммы активных температур. Вплоть до 2000 года на Европейской территории страны суммы активных температур, по сравнению со среднемноголетними, увеличились на 50–100 °С. За период 2000–2012 гг. значения суммы активных температур достигли 2200–3000° С, увеличившись на 250–300 °С [17, 18].

На фенологию яблони влияет температура [2, 19]. Для фруктов есть минимальные тепловые требования для нормального роста, физиологического развития и фенологии (например, цветения и созревания плодов) [20]. Изменившиеся климатические условия оказывают влияние и на продуктивность яблони [21].

Даты наступления определенных фенофаз развития яблони в результате роста суммы эффективных и активных температур из-за потепления климата смещаются. Это приводит как к более раннему цветению яблони, так и к сокращению периода от «окончания цветения до съемной зрелости плодов» [22].

Метеорологические условия вегетационного периода исследуемых лет были разнообразны

Таблица 1. Характеристика метеорологических условий (май – начало сентября)

Table 1. Characteristics of meteorological conditions (May – early September)

Годы исследований	Дата съема плодов	Сумма среднесуточных температур ≥ 10 °С за период от цветения до съема, °С	Осадки, за период от цветения до съема, мм	ГТК
2012	28 августа	2122,4	143,0	0,67
2014	04 сентября	2060,4	204,6	0,99
2016	12 сентября	2262,7	236,0	1,04
2018	11 сентября	2415,7	183,9	0,76

(табл. 1). Суммы среднесуточных температур за период май – начало сентября (цветение – дата съема плодов) были выше среднемноголетних показателей, что подтверждает тенденцию последних десятилетий.

Наибольшее количество осадков за период от цветения до даты съема плодов отмечено в 2016 году – 236,0 мм, наименьшее – 143,0 мм в 2012 году. Самая низкая сумма среднесуточных температур была зафиксирована в 2014 году – 2060,4 °С, наиболее высокая в 2018 году – 2415,7 °С. ГТК в 2014 и 2016 годы соответствовал начальному уровню оптимального увлажнения и составил 0,99 и 1,04 соответственно. 2012 и 2018 годы были засушливыми: ГТК = 0,67 и 0,76 соответственно.

Метеоусловия учетных периодов (май – сентябрь) также различались по месяцам и годам. Самым теплым месяцем за годы изучения был июль со среднемесячной температурой 612 °С (среднесуточная температура 19,7 °С) (рис. 1). Самым теплым был период 2018 года со среднегодовой температурой воздуха учетного периода 523 °С. Больше всего осадков за изучаемый период также выпало в июле со среднемесячным значением 58 мм. Самым влажным был июль 2018 года. Количество выпавших осадков – 120 мм (рис. 2). Наибольшее увлажнение за период май – сентябрь отмечено в 2016 году – 246,0 мм при среднем значении 49 мм, наименьшее в 2012 году – 164,0 мм при среднем значении 33 мм. Однако показатель в 49 мм все равно является пониженным относительно среднемноголетних значений по Орловской области для июля приблизительно в два раза.

Самый высокий выход товарной продукции после хранения был отмечен у сорта «Созвездие» в 2014 году – 96,7 %, самый низкий у сорта «Восторг» в 2016 году – 64,2 % (рис. 3). Сорт «Созвездие» имел во все годы изучения наивысшую эффективную сохраняемость товарных плодов – 83,6–96,7 % (в среднем по годам 92,1 %) (табл. 2). Несколько хуже других сохранялись плоды сортов «Восторг» и «Поэзия» – в среднем по годам 76,2 % и 76,8 % товарных плодов соответственно.

Наиболее комфортные для лежкости условия увлажнения формировались для плодов сортов

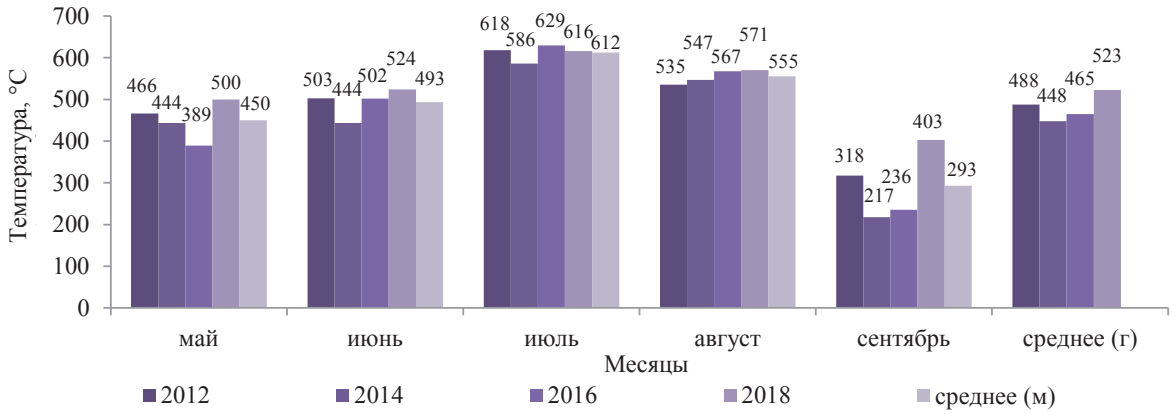


Рисунок 1. Среднемесячные температуры воздуха ≥ 10 °С за период май – сентябрь. Данные 2012, 2014, 2016, 2018 гг.

Figure 1. Monthly average air temperatures ≥ 10°C in May – September (2012, 2014, 2016, 2018)

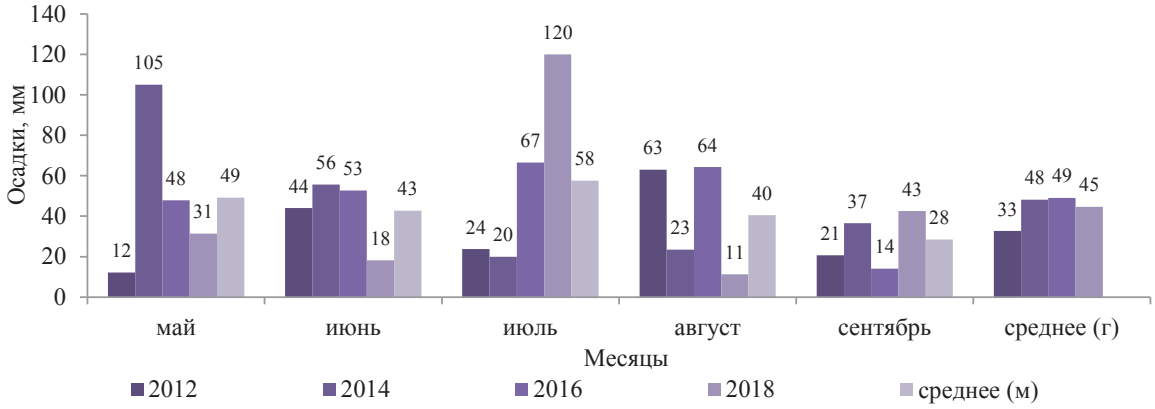


Рисунок 2. Среднемесячное количество осадков за период май – сентябрь. Данные 2012, 2014, 2016, 2018 гг.

Figure 2. Average monthly rainfall in May – September (2012, 2014, 2016, 2018)

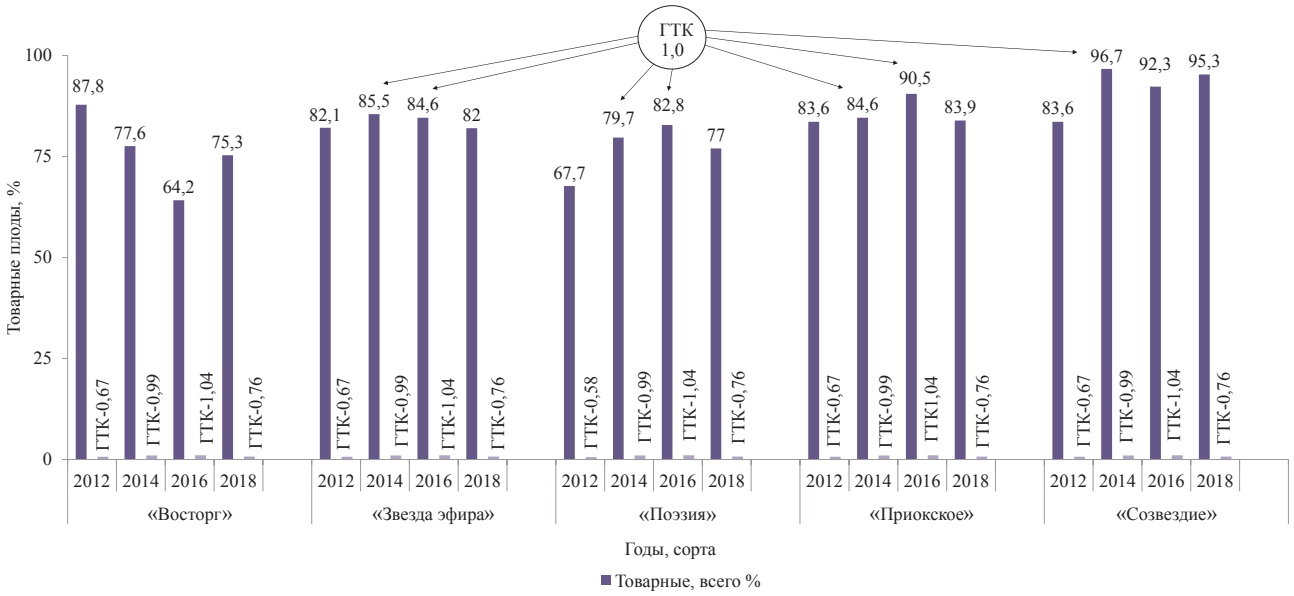


Рисунок 3. Выход товарных плодов у иммунных к парше колонновидных сортов яблони после хранения (+2 °С) в зависимости от ГТК за период май – начало сентября. Данные 2012, 2014, 2016, 2018 гг.

Figure 3. Yield of commercial scab-immune columnar apples after storage (+2°C) depending on the HTC in May – early September (2012, 2014, 2016, 2018)

Таблица 2. Влияние погодных условий за месяц перед уборкой плодов иммунных к парше колонновидных сортов яблони на их лежкость. Данные 2012, 2014, 2016, 2018 гг.

Table 2. Effect of weather conditions in the month before harvesting the scab-immune columnar apples on their preservation capacity (2012, 2014, 2016, 2018)

Годы исследований	Сорт	Сумма среднесуточных температур >10 ºС за месяц до съема, ºС	Осадки, за месяц до съема, мм	Прожолжительность хранения, сутки	Товарные, %	Отход (ФР+МЗ), %		ГТК за месяц до съема
						всего	«загар»	
2012	«Восторг»	535,4	63,0	147	87,8	12,2	0	1,18
2014		496,2	23,8	92	77,6	22,4	12,6	0,48
2016		491,6	57,6	122	64,2	35,8	2,4	1,17
2018		541,1	14,4	105	75,3	24,7	4,7	0,27
	среднее			116	76,2	23,8	4,9	0,78
2012	«Звезда эфира»	515,4	63,0	180	82,1	17,9	0	1,22
2014		496,2	23,8	131	85,5	14,5	0	0,48
2016		491,6	57,6	122	84,6	15,4	0	1,17
2018		541,1	14,4	105	82	18	0	0,27
	среднее			134	83,6	16,4	0	0,78
2012	«Поэзия»	529,8	8,6	92	67,7	32,3	20,6	0,16
2014		496,2	23,8	92	79,7	20,3	13,5	0,48
2016		491,6	57,6	122	82,8	17,2	6,4	1,17
2018		541,1	14,4	105	77	23	8,5	0,27
	среднее			103	76,8	23,2	12,2	0,52
2012	«Приокское»	515,4	63,0	172	83,6	16,4	0	1,22
2014		496,2	23,8	99	84,6	15,4	9,3	0,48
2016		491,6	57,6	122	90,5	9,5	0	1,17
2018		541,1	14,4	105	83,9	16,1	3,2	0,27
	среднее			124	85,6	14,4	3,1	0,78
2012	«Созвездие»	515,4	63,2	138	83,6	16,4	0	1,22
2014		496,2	23,8	131	96,7	3,3	0	0,48
2016		491,6	57,6	122	92,3	7,7	0	1,17
2018		541,1	14,4	105	95,3	4,7	0	0,27
	среднее			124	92,0	8,0	0	0,78

Таблица 3. Химический состав плодов новых иммунных к парше колонновидных сортов яблони на начало и конец хранения. Данные 2012, 2014, 2016, 2018 гг.

Table 3. Chemical composition of the scab-immune columnar apples at the beginning and end of storage (2012, 2014, 2016, 2018)

Годы исследований	Сорта	Растворимые сухие вещества, %	Сумма сахаров, %	Титруемая кислотность, %	Сахаро-кислотный индекс	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	ГТК
2012	Начало хранения (ИСХ)						0,65
	«Восторг»	12,80	11,41	0,68	16,80	2,60	
	«Звезда Эфира»	14,00	12,02	0,74	16,20	3,20	
	«Поэзия»	11,80	9,82	0,62	15,80	1,60	
	«Приокское»	14,00	11,41	0,44	25,90	2,40	
	«Созвездие»	14,00	12,67	0,49	25,90	2,40	
	Среднее по сортам	13,32	11,47	0,59	20,12	2,44	
	Конец хранения (КХ)						
	«Восторг»	10,40	9,69	0,33	29,40	3,00	
	«Звезда Эфира»	12,00	9,39	0,43	21,80	4,10	
	«Поэзия»	10,60	9,69	0,30	32,30	2,40	
	«Приокское»	14,00	11,75	0,11	106,80	8,80	
	«Созвездие»	11,00	10,86	0,25	43,40	4,00	
	Среднее по сортам	11,60	10,28	0,28	46,74	4,46	
	(+) – (–) % от ИСХ	–12,91	–10,37	–52,54	+132,31	+82,79	
2014	ИСХ						0,99
	«Восторг»	11,90	8,55	0,98	8,70	3,30	
	«Звезда Эфира»	12,60	10,21	0,82	12,50	6,70	
	«Поэзия»	13,00	8,99	0,82	9,80	3,40	
	«Приокское»	13,40	11,60	0,56	20,70	6,50	
	«Созвездие»	14,20	9,87	0,49	20,10	2,70	
	Среднее по сортам	13,02	9,84	0,75	14,36	4,52	
	КХ						
	«Восторг»	12,60	8,99	0,68	13,20	2,20	
	«Звезда Эфира»	11,00	9,22	0,47	19,60	4,70	
	«Поэзия»	11,20	12,48	0,68	18,3	2,60	
	«Приокское»	13,80	10,53	0,33	31,90	5,00	
	«Созвездие»	11,40	10,32	0,32	22,00	2,80	
	Среднее по сортам	12,00	10,31	0,50	21,00	3,46	
	(+) – (–) % от (ИСХ)	–7,83	+4,78	–33,33	+46,24	–23,45	
2016	ИСХ						1,04
	«Восторг»	12,10	9,49	0,49	19,40	4,40	
	«Звезда Эфира»	12,40	11,94	0,48	24,90	6,20	
	«Поэзия»	11,60	10,30	0,72	14,30	4,40	
	«Приокское»	12,50	11,60	0,30	38,70	13,20	
	«Созвездие»	13,10	11,94	0,35	34,10	4,40	
	Среднее по сортам	12,34	11,05	0,47	26,28	6,52	
	КХ						
	«Восторг»	13,00	9,28	0,34	27,30	2,00	
	«Звезда Эфира»	11,00	8,91	0,32	27,80	3,40	
	«Поэзия»	12,00	8,72	0,32	27,30	2,20	
	«Приокское»	13,00	11,61	0,20	58,00	6,60	
	«Созвездие»	13,00	10,74	0,19	56,50	2,00	
	Среднее по сортам	12,40	9,85	0,27	39,38	3,24	
	(+) – (–) % от (ИСХ)	+0,49	–10,86	–42,55	+49,85	–50,31	
2018	ИСХ						0,76
	«Восторг»	10,60	9,60	0,41	23,40	13,20	
	«Звезда Эфира»	14,90	11,90	0,73	16,30	12,30	
	«Поэзия»	12,50	11,20	0,57	19,60	7,90	
	«Приокское»	13,80	12,20	0,37	33,00	13,20	
	«Созвездие»	11,40	11,20	0,32	35,00	7,00	
	Среднее по сортам	12,64	11,22	0,48	25,46	10,72	
	КХ						
	«Восторг»	11,90	10,17	0,38	26,80	3,50	
	«Звезда Эфира»	12,00	10,48	0,24	43,70	2,60	
	«Поэзия»	11,60	10,20	0,40	25,50	1,80	
	«Приокское»	12,00	10,92	0,23	47,50	6,20	
	«Созвездие»	12,10	10,80	0,22	49,10	5,30	
	Среднее по сортам	11,92	10,51	0,29	38,52	3,88	
	(+) – (–) % от (ИСХ)	–5,70	–6,33	–39,58	+51,30	–63,81	

«Звезда Эфира» и «Созвездие» в 2014 году, «Поэзия» и «Приокское» в 2016 году. В эти годы сложились условия близкие к оптимальному увлажнению, ГТК находился на уровне 1,0, количество выпавших осадков за период май – начало сентября (в 2014 и 2016 гг.) и составил 204,6 и 236,0 соответственно (табл. 1).

В наибольшей степени неблагоприятное воздействие на эффективную лежкость плодов оказывают недостаток осадков и избыток тепла за период 30 суток перед съемом урожая (табл. 2.). Засушливый период за месяц перед съемом плодов оказал негативное влияние на поражаемость плодов сортов «Восторг», «Поэзия» и «Приокское» физиологическим расстройством – «загаром». Так при ГТК 0,48 в 2014 году плоды сорта «Восторг» поразились «загаром» на 12,6 %, при ГТК 0,27 в 2018 году на 4,7 %. В эти годы у сорта «Приокское» отмечено поражение «загаром» у 9,3 и 3,2 % плодов соответственно. В наибольшей степени пострадал от «загара» сорт «Поэзия», плоды которого в 2012 году поразились на 20,6 % (наивысший показатель за все годы исследований) при ГТК 0,16 (сильнейшая засуха), а в 2014 году поражению было подвергнуто 13,5 % плодов при ГТК 0,48.

При ГТК 1,17 в 2016 году плоды этого сорта лишь на 6,4 % пострадали от «загара». Это свидетельствует о том, что условия увлажнения, выраженные ГТК, за месяц до уборки урожая оказывают существенное влияние на возникновение и развитие ФР «загара» в процессе хранения. Плоды сортов «Звезда Эфира» и «Созвездие» абсолютно не поражались «загаром» и весь отход у них пришелся на МЗ.

Плоды яблони имеют различные параметрические значения биохимических компонентов в зависимости от сорта и года сбора урожая [23]. Органические кислоты оказывают влияние на качественные характеристики плодов и их лежкость. Содержание органических кислот в плодах обуславливается как сортовыми особенностями, так и метеорологическими условиями вегетационного периода.

Мониторинг биохимического состава плодов (табл. 3) показал, что в среднем по сортам содержание растворимых сухих веществ в яблоках в процессе хранения в основном снижалось (исключение 2016 год). Наибольшее снижение от исходного показателя отмечалось в 2012 году при ГТК 0,65–12,9 %.

За исследуемый временной период зафиксирована тенденция изменения (в основном снижения) содержания сахаров в плодах изучаемых сортов при хранении. Общее количество сахаров повышалось, в среднем по изучаемой группе сортов, лишь в 2014 году (на 4,8 %). Это повышение объясняется большой потерей влаги плодами при дыхании во время хранения. По некоторым данным уровень сахаров в процессе хранения плодов может быть стабильным, а может повышаться или понижаться. Это зависит скорей от сортовых особенностей, чем от условий хранения [24].

Во время хранения в результате процесса дыхания, потребляющего органические (титруемые) кислоты, фиксируется значительное и прогрессирующее снижение кислотности. У всех изучаемых сортов отмечено снижение содержания органических кислот на конец хранения. Это оказывает влияние на показатели сахарокислотного индекса, от которого в значительной степени зависит вкус плодов, которые к концу хранения становятся слаще. Наибольшее снижение титруемых кислот в процессе хранения – 52,5 % от исходного уровня было в 2012 году при ГТК 0,65.

ГТК оказывает влияние на накопление аскорбиновой кислоты в плодах яблони. Засушливый 2012 год явился стрессовым для плодов яблони, что отразилось в существенном повышении уровня аскорбиновой кислоты в плодах в процессе хранения – 82,8 % от исходного показателя. В другие годы уровень аскорбиновой кислоты снижался. Меньшее снижение отмечено в 2014, 2016 годах при ГТК 0,99 и 1,04 соответственно.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено влияние метеорологических условий вегетационного периода на эффективный выход товарных плодов после их хранения. Плоды сорта «Созвездие» имели во все годы изучения наивысшую эффективную сохраняемость.

Лучшая лежкость плодов яблони фиксировалась в годы с достаточным количеством осадков в вегетационный период.

Наиболее комфортные для лежкости условия увлажнения формировались для плодов сортов «Звезда Эфира» и «Созвездие» в 2014 году, «Поэзия» и «Приокское» – в 2016 году. В эти годы сложились условия близкие к оптимальному увлажнению (ГТК находился на уровне 1,0).

На эффективную лежкость плодов в наибольшей степени оказывают неблагоприятное воздействие недостаточность осадков и избыток тепла в период за 30 суток перед съемом урожая. Плоды при таких условиях поражаются физиологическим расстройством – «загар». Сорта «Звезда эфира» и «Созвездие» абсолютно устойчивы к этому функциональному повреждению.

В среднем, по сортам содержание РСВ в плодах в процессе хранения в основном снижалось (исключение 2016 год).

Зафиксирована тенденция снижения содержания в плодах общего количества сахаров по изучаемой группе сортов в процессе хранения.

У всех сортов отмечено снижение содержания органических (титруемых) кислот на конец хранения, что оказывает положительное влияние на показатели сахарокислотного индекса. Наибольшее снижение титруемых кислот в процессе хранения – 52,5 % от исходного уровня было в 2012 году при ГТК 0,65.

Засушливый 2012 год стал стрессовым для плодов яблони. Это отразилось в чувствительном повышении уровня аскорбиновой кислоты в плодах в процессе хранения – 82,8 % от исходного показателя.

Лежкость плодов в зависимости от метеоусловий вегетационного периода имеет сортовую специфичность. Производя мониторинг погодных условий вегетационного периода и учитывая биологическую сортоспецифичность, можно использовать ГТК в качестве одного из предикторных показателей потенциальной лежкости плодов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаем благодарность научным сотрудникам и лаборантам лаборатории биохимической и технологической оценки новых сортов и хранения ВНИИСПК.

Conflict of interest

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

Acknowledgements

We would like to express our deepest gratitude to the personnel of the Laboratory for Biochemical and Technological Evaluation of New Varieties and Storage (All-Russian Research Institute for Fruit Crop Breeding).

Список литературы

1. Седов, Е. Н. Сорта яблони с длительной лежкостью плодов для совершенствования сортимента / Е. Н. Седов, З. М. Серова // Садоводство и виноградарство. – 2016. – № 2. – С. 16–21. DOI: https://doi.org/10.18454/VSTISP.2016.2.1090.

2. Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change / T. Sugiura, H. Ogawa, N. Fukuda [et al.] // Scientific Reports. – 2013. – Vol. 3. DOI: https://doi.org/10.1038/srep02418.

3. Research progress of effects of meteorological factors on apple yield and quality / X. F. Duan, L. Zhang, F. Jin [et al.] // Chinese Agricultural Science Bulletin. – 2014. – № 7 – P. 33–37.

4. Impact of climate variability on apple production and diversity in Kullu valley, Himachal Pradesh / V. Sen, R. S. Rana, R. C. Chauhan [et al.] // Indian Journal of Horticulture. – 2015. – Vol. 72, № 1. – P. 14–20. DOI: https://doi.org/10.5958/0974-0112.2015.00003.1.

5. Singh, N. Impact of climate change on apple production in India: A review / N. Singh, D. P. Sharma, H. Chand // Current World Environment. – 2016. – Vol. 11, № 1. – P. 251–259. DOI: https://doi.org/10.12944/CWE.11.1.31.

6. Гудковский, В. А. Современные технологии хранения плодов сорта Жигулевское / В. А. Гудковский, Л. В. Кожина, В. Л. Урнев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 3. – С. 83–91.

7. Qu, Z. Possible impact of climate change on the quality of apples from the major producing areas of China / Z. Qu, G. Zhou // Atmosphere. – 2016. – Vol. 7, № 9. DOI: https://doi.org/10.3390/atmos7090113.

8. Multivariate analysis between meteorological factor and fruit quality of Fuji apple at different locations in China / Q. Zhang, B.-B. Zhou, M.-J. Li [et al.] // Journal of Integrative Agriculture. – 2018. – Vol. 17, № 6. – P. 1338–1347. DOI: https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61826-4.

9. Никитин, А. Л. Рекомендации по длительному хранению плодов иммунных и высокоустойчивых к парше сортов яблони селекции ВНИИСПК в фруктохранилищах-холодильниках (для средней полосы России) / А. Л. Никитин, М. А. Макаркина. – Орел : ВНИИСПК, 2018. – 48 с.

10. Причко, Т. Г. Влияние погодных условий на формирование устойчивости плодов яблони к развитию загара при хранении / Т. Г. Причко, Л. Д. Чалая // Плодоводство и ягодоводство России. – 2015. – Т. 41. – С. 281–292.

11. Гудковский, В. А. Повышение устойчивости плодов яблони к загару и подкожной пятнистости / В. А. Гудковский, Л. В. Кожина, Р. Б. Гучева // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – № 7. – С. 20–25.

12. Седов, Е. Н. Инновации в изменении генома яблони. Новые перспективы в селекции / Е. Н. Седов, Г. А. Седышева, М. А. Макаркина [и др.]. – Орел : ВНИИСПК, 2015. – 336 с.

13. Седова, З. А. Изучение лежкости плодов семечковых культур / З. А. Седова, В. А. Гудковский // Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Е. Н. Седов, Т. П. Огольцова. – Орел : ВНИИСПК, 1999. – С. 177–183.

14. Дементьева, М. И. Болезни плодов, овощей и картофеля при хранении / М. И. Дементьева, М. И. Выгонский. – М. : Агропромиздат, 1988. – 231 с.

15. Variations in global temperature and precipitation for the period of 1948 to 2010 / Q. Sun, K. Dongxian, C. Miao [et al.] // Environmental Monitoring and Assessment. – 2014. – Vol. 186, № 9. – P. 5663–5679. DOI: https://doi.org/10.1007/s10661-014-3811-9.

16. Trends in indices of extreme temperature and precipitation in Iran over the period 1960-2014 / M. Rahimi, N. Mohammadian, A. R. Vanasha [et al.] // Open Journal of Ecology. – 2018. – Vol. 8, № 7. – P. 396–415. DOI: https://doi.org/10.4236/oje.2018.87024.

17. Виноградова, В. В. Волны тепла на Европейской территории России в начале XXI века / В. В. Виноградова // Известия РАН. Серия географическая. – 2014. – № 1. – С. 47–55.

18. Popova, E. N. Assessment of variations in the annual sum of active temperatures and total precipitation during the vegetation period in Russia and neighboring countries / E. N. Popova, I. O. Popova, M. S. Semenov // Russian Meteorology and Hydrology. – 2018 – Vol. 43, № 6. DOI: https://doi.org/10.3103/S1068373918060092.

19. A comprehensive overview of the spatial and temporal variability of apple bud dormancy release and blooming phenology in Western Europe / J. M. Legave, M. Blanke, D. Christen [et al.] // International Journal of Biometeorology. – 2013. – Vol. 57, № 2. – P. 317–331. DOI: https://doi.org/10.1007/s00484-012-0551-9.

20. Determination of heat requirements and effective heat summations of some pomegranate cultivars grown in Southern Anatolia / A. Ikinci, M. Mamay, L. Unlu [et al.] // Erwerbs-Obstbau. – 2014. – Vol. 56, № 4. – P. 131–138. DOI: https://doi.org/10.1007/s10341-014-0220-8.

21. Effect of changing climatic conditions on chill units accumulation and productivity of apple in mid hill sub humid zone of western himalayas, India / H. Chand, S. C. Verma, S. K. Bhardwaj [et al.] // Current World Environment. – 2016. – Vol. 11, № 1. – P. 142–149. DOI: https://doi.org/10.12944/CWE.11.1.18.

22. Кондратенко, Т. Е. Фенология яблони (*Malus domestica* Borkh.) на Киевщине в условиях изменения климата / Т. Е. Кондратенко, П. В. Кондратенко // Сортоизучение и охрана прав на сорта растений. – 2015. – Т. 26–27, № 1–2. – С. 49–53. DOI: https://doi.org/10.21498/2518-1017.1-2(26-27).2015.55911.

23. Bartolini, S. Quality evaluation of local apple varieties: physicochemical and antioxidant proprieties at harvest and after cold storage / S. Bartolini, E. Ducci // Agronomy Research. – 2017. – Vol. 15, № 5. – P. 1866–1877. DOI: https://doi.org/10.15159/AR.17.054.

24. Storage behaviour of 'Reinette du Canada' apple cultivars Span / M. Guerra, J. B. Valenciano, V. Marcelo [et al.] // Spanish Journal of Agricultural Research. – 2010. – Vol. 8, № 2. – P. 440–447. DOI: https://doi.org/10.5424/sjar/2010082-1198.

References

1. Sedov EN, Serova ZM. Apple varieties with long fruit storability for the improvement of the assortment. Horticulture and viticulture. 2016;(2):16–21. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18454/VSTISP.2016.2.1090.

2. Sugiura T, Ogawa H, Fukuda N, Moriguchi T. Changes in the taste and textural attributes of apples in response to climate change. Scientific Reports. 2013;3. DOI: https://doi.org/10.1038/srep02418.

3. Duan XF, Zhang L, Jin F, Jianguo W, Hongjuan D. Research progress of effects of meteorological factors on apple yield and quality. Chinese Agricultural Science Bulletin. 2014;(7):33–37.

4. Sen V, Rana RS, Chauhan RC, Aditya. Impact of climate variability on apple production and diversity in Kullu valley, Himachal Pradesh. Indian Journal of Horticulture. 2015;72(1):14–20. DOI: https://doi.org/10.5958/0974-0112.2015.00003.1.

5. Singh N, Sharma DP, Chand H. Impact of climate change on apple production in India: A review. Current World Environment. 2016;11(1):251–259. DOI: https://doi.org/10.12944/CWE.11.1.31.

6. Gudkovsky VA, Kozhina LV, Urnew VL. Modern technology of storage of fruits of varieties of the Zhiguli. Bulletin of Michurinsk state agrarian university. 2016;(3):83–91. (In Russ.).

7. Qu Z, Zhou G. Possible impact of climate change on the quality of apples from the major producing areas of China. Atmosphere. 2016;7(9). DOI: https://doi.org/10.3390/atmos7090113.

8. Zhang Q, Zhou B-B, Li M-J, Wei Q-P, Han Z-H. Multivariate analysis between meteorological factor and fruit quality of Fuji apple at different locations in China. Journal of Integrative Agriculture. 2018;17(6):1338–1347. DOI: https://doi.org/10.1016/S2095-3119(17)61826-4.

9. Nikitin AL, Makarkina MA. Rekomendatsii po dlitel′nomu khraneniyu plodov immunnykh i vysokoustoychivykh k parshe sortov yabloni selektsii VNIISPK v fruktokhranilishchakh-kholodil′nikakh (dlya sredney polosy Rossii) [Recommendations for the long-term storage of scab-immune apple varieties cultivated at the All-Russian Research Institute for Fruit Crop Breeding in refrigerators (for central Russia)]. Orel: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding; 2018. 48 p. (In Russ.).

10. Prichko TG, Chalaja LD. The influence of weather conditions on the formation of the sustainability of apple fruit to the development of sunburn during storage. Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2015;41:281–292. (In Russ.).

11. Gudkovsky VA, Kozhina LV, Gocheva RB. Increase the resistance of apple fruits to sunburn and subcutaneous spotting. Storage and Processing of Farm Products. 2017;(7):20–25. (In Russ.).

12. Sedov EN, Sedysheva GA, Makarkina MA, Levgerova NS, Serova ZM, Korneeva SA, et al. Innovatsii v izmenenii genoma yabloni. Novye perspektivy v selektsii [Innovation in changing the genome of the apple tree. New perspectives in breeding]. Orel: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding; 2015. 336 p. (In Russ.).

13. Sedova ZA, Gudkovskiy VA. Izuchenie lezhkosti plodov semechkovykh kul′tur [Studying the preservation capacity of pome fruit]. In: Sedov EN, Ogol′tsova TP, editors. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul′tur [Program and methodology of variety studies of fruit, berries, and nut-bearing crops]. Orel: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding; 1999. pp. 177–183. (In Russ.).

14. Dement′eva MI, Vygonskiy MI. Bolezni plodov, ovoshchey i kartofelya pri khranenii [Diseases of fruit, vegetables, and potatoes during storage]. Moscow: Agropromizdat; 1988. 231 p. (In Russ.).

15. Sun Q, Dongxian K, Miao C, Duan Q, Yang T, Ye A, et al. Variations in global temperature and precipitation for the period of 1948 to 2010. Environmental Monitoring and Assessment. 2014;186(9):5663–5679. DOI: https://doi.org/10.1007/s10661-014-3811-9.

16. Rahimi M, Mohammadian N, Vanasha AR, Whan K. Trends in indices of extreme temperature and precipitation in Iran over the period 1960–2014. Open Journal of Ecology. 2018;8(7):396–415. DOI: https://doi.org/10.4236/oje.2018.87024.

17. Vinogradova VV. Heat waves in the European Russia at the beginning of the 21st century. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya. 2014(1):47–55. (In Russ.).

18. Popova EN, Popova IO, Semenov MS. Assessment of variations in the annual sum of active temperatures and total precipitation during the vegetation period in Russia and neighboring countries. Russian Meteorology and Hydrology. 2018;43(6). DOI: https://doi.org/10.3103/S1068373918060092.

19. Legave JM, Blanke M, Christen D, Giovannini D, Mathieu V, Oger R. A comprehensive overview of the spatial and temporal variability of apple bud dormancy release and blooming phenology in Western Europe. International Journal of Biometeorology. 2013;57(2):317–331. DOI: https://doi.org/10.1007/s00484-012-0551-9.

20. Ikinci A, Mamay M, Unlu L, Bolat I, Ercisli S. Determination of heat requirements and effective heat summations of some pomegranate cultivars grown in Southern Anatolia. Erwerbs-Obstbau. 2014;56(4):131–138. DOI: https://doi.org/10.1007/s10341-014-0220-8.

21. Chand H, Verma SC, Bhardwaj SK, Sharma SD, Mahajan PK. Effect of changing climatic conditions on chill units accumulation and productivity of apple in mid hill sub humid zone of western himalayas, India. Current World Environment. 2016;11(1):142–149. DOI: https://doi.org/10.12944/CWE.11.1.18.

22. Kondratenko TE, Kondratenko PV. Phenology of apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in Kyiv oblast in the context of climate change. Plant Varieties Studying and Protection. 2015;26–27(1–2):49–53. (In Ukr.). DOI: https://doi.org/10.21498/2518-1017.1-2(26-27).2015.55911.

23. Bartolini S, Ducci E. Quality evaluation of local apple varieties: physicochemical and antioxidant proprieties at harvest and after cold storage. Agronomy Research. 2017;15(5):1866–1877. DOI: https://doi.org/10.15159/AR.17.054.

24. Guerra M, Valenciano JB, Marcelo V, Casquero PA. Storage behaviour of 'Reinette du Canada' apple cultivars Span. Spanish Journal of Agricultural Research. 2010;8(2):440–447. DOI: https://doi.org/10.5424/sjar/2010082-1198.

Сведения об авторах

Никитин Андрей Леонидович
канд. сельхоз. наук, старший научный сотрудник лаборатории биохимической и технологической оценки новых сортов и хранения, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур», 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, п/о Жилина, тел.: +7 (4862) 42-11-39, e-mail: nikitin@vniispk.ru
https://orcid.org/0000-0003-4627-6451

Макаркина Маргарита Алексеевна
д-р сельхоз. наук, заведующая лабораторией биохимической и технологической оценки новых сортов и хранения, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур», 302530, Россия, Орловская область, Орловский район, п/о Жилина, тел.: +7 (4862) 42-11-39, e-mail: makarkina@vniispk.ru
https://orcid.org/0000-0001-7979-3426

Information about the authors

Andrej L. Nikitin
Cand.Sci.(Agr.), Senior research of the Laboratory of Biochemical and Technological Evaluation of New Varieties and Storage, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina, Orel region, 302530, Russia, phone: +7 (4862) 42-11-39, e-mail: nikitin@vniispk.ru
https://orcid.org/0000-0003-4627-6451

Margarita A. Makarkina
Dr.Sci.(Agr.), Head of the Laboratory of Biochemical and Technological Evaluation of New Varieties and Storage, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, Zhilina, Orel region, 302530, Russia, phone: +7 (4862) 42-11-39, e-mail: makarkina@vniispk.ru
https://orcid.org/0000-0001-7979-3426

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-555-562
УДК 613.287.58

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Жирнокислотный состав козьего и овечьего молока и его трансформация в процессе производства йогурта

В. В. Садовой[1], Т. В. Вобликова[2,*], А. В. Пермяков[1]

[1] *ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355017, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1*

[2] *ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12*

**e-mail: tppshp@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 10.06.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

© В. В. Садовой, Т. В. Вобликова, А. В. Пермяков, 2019

Аннотация.
Введение. Информация о структуре жирных кислот имеет решающее значение для производства и продвижения козьего и овечьего молока в производстве молочных продуктов. Профиль жирных кислот молочного жира может влиять на пищевую ценность и рыночную стоимость молочных продуктов. Целью исследования стало изучение особенностей жирнокислотного состава козьего и овечьего молока и его трансформации в процессе производства йогурта.
Объекты и методы исследования. Исследование жирнокислотного состава выполнялось с применением метода газовой хроматографии. Объектами исследования стали: молоко коз зааненской породы и овец северокавказской породы, йогурт, полученный из смеси козьего и овечьего молока 1:1.
Результаты и их обсуждение. Установлено, что в козьем молоке содержание насыщенных жирных кислот меньше на 12 %, чем в овечьем молоке. Олеиновая, стеариновая и пальмитиновая кислоты – это основные жирные кислоты, содержащиеся в жировой фазе молока и йогурта. Отмечены изменения в концентрациях отдельных жирных кислот при переработке молока и в процессе хранения йогурта. В результате созревания и процесса хранения в течение 7 суток количество насыщенных жирных кислот в йогурте увеличилось на 5 % по сравнению с исходной молочной смесью. Содержание полиненасыщенных жирных кислот в йогурте снизилось на 19,27 %. В козьем молоке отмечено наивысшее значение соотношения гипохолестеринемических и гиперхолестеринемических жирных кислот. Показано, что козье молоко характеризуется наиболее приемлемым жирнокислотным составом с точки зрения здорового питания и профилактики атеросклероза и тромбообразования.
Выводы. В процессе производства и хранения йогурта отмечена тенденция к снижению мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот с одновременным увеличением содержания насыщенных жирных кислот. Установлено, что производство йогурта с использованием в составе смеси козьего молока позволяет снизить значения индексов атерогенности и тромбогенности. Результаты исследования дают информационную основу к производству качественно новых кисломолочных напитков с благоприятным жирнокислотным профилем для здоровья человека.

Ключевые слова. Молоко, йогурт, овца, коза, трансформация, липиды, жирнокислотный профиль, молочные продуты, реологические свойства

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках контракта ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» с Министерством сельского хозяйства Ставропольского края 199/16 от 02.09.2016.

Для цитирования: Садовой, В. В. Жирнокислотный состав козьего и овечьего молока и его трансформация в процессе производства йогурта / В. В. Садовой, Т. В. Вобликова, А. В. Пермяков // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 555–562. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-555-562.

Original article

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

Fatty Acid Composition of Goat and Sheep Milk: Transformation during Yogurt Production

V.V. Sadovoy[1], T.V. Voblikova[2,*], A.V. Permyakov[1]

[1] *North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355017, Russia*

Received: June 10, 2019
Accepted: October 15, 2019

[2] Stavropol State Agrarian University,
12, Zootekhnichesky Lane, Stavropol, 355017, Russia

*e-mail: tppshp@mail.ru

© V.V. Sadovoy, T.V. Voblikova, A.V. Permyakov, 2019

Abstract.
Introduction. Information on the structure of fatty acids is crucial for production and promotion of goat and sheep milk in dairy industry. The profile of fatty acids of milk fat can affect the nutrition value and market value of dairy products.
Study objects and methods. The present research featured fatty acid structure of goat and sheep milk and its transformation during yogurt production. The fatty acid structure was studied using gas chromatography. The milk was obtained from goats of the Zaanensky breed and sheep of the North Caucasian breed. Their ratio in the yogurt was 1:1.
Results and discussion. The content of saturated fatty acids was 12% less in goat milk than in sheep milk. Olein, stearin, and palmitic acids are the main fatty acids in the fatty phase of milk and yogurt. The research revealed some changes in concentration of individual fatty acids during milk processing and during the storage of yogurt. As a result of ripening and storage, the amount of saturated fatty acids in yogurt increased by 5% on day 7, in comparison with the initial dairy mix. The content of the polynonsaturated fatty acids decreased by 19.27%. Goat milk had the highest value of the ratio of the hypocholesteremic and hypercholesteremic fatty acids. Goat milk demonstrated the most acceptable fatty acid structure in terms of healthy nutrition and prevention of atherosclerosis and thrombogenesis. During yogurt production and storage, the monononsaturated and polynonsaturated fatty acids decreased, while the content of saturated fatty acids increased. Thus, goat milk can increase the amount of monononsaturated and polynonsaturated fatty acids in dairy products. However, the research also revealed a general tendency to decrease in monononsaturated and polynonsaturated fatty acids during yogurt production and storage, with a parallel increase in the content of saturated fatty acids. Unlike ship milk, goat milk had a lower value of the indices of atherogenicity and thrombogenesis.
Conclusion. The indices of atherogenicity and thrombogenesis provided additional information on the functional properties of the product. The established features of the fatty acid profile and its transformation during yogurt production provide data that can help produce qualitatively new dairy drinks with a healthy fatty acid profile.

Keywords. Milk, yogurt, sheep, goat, transformation, lipids, fatty-acid profile, dairy products, rheological properties

Funding. The research was performed within the contract between Stavropol State Agrarian University and the Department of Agriculture of the Stavropol Territory, No. 199/16, September 02, 2016.

For citation: Sadovoy VV, Voblikova TV, Permyakov AV. Fatty Acid Composition of Goat and Sheep Milk: Transformation during Yogurt Production. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):555–562. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-555-562

Введение

Молоко имеет высокую пищевую и биологическую ценность и составляет существенную долю в рационе человека [1, 2]. Однако молоко различных видов животных имеет некоторые отличия в физико-химическом и биохимическом составе. Особенности состава молока различных животных влекут за собой изменение технологических процессов при их промышленной переработке. Кроме того, необходимо отметить разный биологический потенциал молока различных видов животных.

Несмотря на то, что молочные коровы производят наибольшую долю мирового запаса молока, молоко коз пьет большое количество людей во всем мире. Козье молоко и его продукты являются важными ежедневными источниками белков, фосфатов и кальция для людей. Молочное козоводство является жизненно важным сектором сельского хозяйства в развитых странах, таких как Франция, Италия, Испания и Греция. Это указывает на то, что разведение молочных коз и овец не обязательно является синонимом бедности или слаборазвитого делового сектора. Недостаточное или несбалансированное питание приводит к нарушениям функций организма. Дисбаланс поступления липидов в организм человека приводит к гипертонии и ожирению, что является фактором риска артрозов и сердечно-сосудистых заболеваний [3, 4].

Козье и овечье молоко, в отличие от коровьего, содержит больше коротко- и среднецепочечных жирных кислот (триглицериды со средней длиной цепи), которые обладают уникальной метаболической способностью обеспечивать энергией растущих детей и использоваться для лечения пациентов с мальабсорбцией. Информация о структуре жирных кислот имеет решающее значение для производства и продвижения козьего и овечьего молока в производстве молочных продуктов. Профиль жирных кислот молочного жира может влиять на пищевую и рыночную стоимость молочных продуктов.

Среди биологически активных компонентов овечьего молока липиды важны из-за их высокой пищевой ценности и влияния на физико-химические, сенсорные и производственные свойства молочных продуктов. Молоко овец вызывает интерес как источник пищевого сырья, содержащий значительное количество ω-3 и ω-6 жирных кислот в молочном жире, а также других менее распространенных

жирных кислот, таких как изомеры линолевой кислоты [1]. Овечье молоко широко производится в полузасушливых странах. Оно используется для потребления молока и производства широкого ассортимента сыров, кисломолочных продуктов (например, жидких, вязких, концентрированных и сухих) и, в меньшей степени, сухого молока. Овечье молоко – характеризуется высоким содержанием сухих веществ и большим количеством минералов и витаминов.

Мицеллярные структуры овечьего и козьего молока отличаются от коровьего по диаметру, гидратации и минерализации. Мицеллы казеина козьего молока содержат больше кальция и неорганического фосфора, менее сольватированы и менее устойчивы к нагреванию. Легче теряют казеин, чем мицеллы коровьего казеина [5–7]. Липиды в козьем и овечьем молоке представлены жировыми глобулами меньшего размера, что способствует лучшей усвояемости [6–8]. Интенсивное исследование овечьего и козьего молока показало, что липидные компоненты могут иметь много преимуществ [10]. Исследования были сосредоточены на транскислотных и конъюгированных изомерах линолевой кислоты, поскольку считается, что последние оказывают благотворное влияние на здоровье человека, тогда как первые оказывают определенные негативные эффекты.

Увеличение производства кисломолочных напитков из козьего и овечьего молока объясняется их высокой питательной ценностью и усвояемостью. Различие состава молока коз и овец и предварительная подготовка молочного сырья дает возможность произвести йогурты с различными реологическими свойствами: вязкий и низко-вязкий (питьевой). При производстве йогурта из козьего и овечьего молока необходимо применение технологических приемов с учетов особенностей состава молока. Заквасочные культуры, применяемые при производстве йогурта, способствуют предварительному гидролизу белков [2]. Наиболее часто используются микроорганизмы, оптимальная температура роста которых находится в пределах 37–45 °С: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus and subsp. lactis*, пробиотические лактобактерии (*Lactobacillus acidophilus*, *helveticus*, *rhamnosus*, *casei subsp. casei*, *paracasei and plantarum*) и бифидобактерии (*Bifidobacterium adolescentis*, *breve*, *bifidum*, *infantis*, *animalis subsp. lactis*, *subsp. animalis and longum*). Различия в составе белковых фракций овечьего молока являются основным фактором, оказывающим влияние на продолжительность коагуляции и реологические свойства образовавшегося сгустка, при производстве кисломолочных напитков [9]. Йогурт, полученный из козьего молока, характеризуется неплотным сгустком, в отличие от йогурта, произведенного из овечьего молока.

Широкий спектр молочных продуктов с заданными реологическими характеристиками и высокой биологической ценностью может быть получен с использованием смеси козьего и овечьего молока, т. к. козье молоко содержит больше непротеиновых азотистых веществ и содержит меньше видов казеина, чем овечье и коровье молоко [6]. Это приводит к более слабой структуре йогурта из козьего молока, в отличие от овечьего молока, которое обладает хорошей коагуляционной способностью. Однако необходимо помнить, что продукт, произведенный из смеси козьего и овечьего молока, должен быть маркирован соответствующим образом. Отсутствие на упаковке йогурта информации о составе молочной смеси может быть расценена как фальсификация продукта.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования стали: молоко коз зааненской породы и овец северокавказской породы, молочная смесь и йогурт, полученный на их основе. Йогурт был получен из смеси козьего и овечьего молока в соотношении 1:1, пастеризованного при 63 °С в течение 30 минут перед изготовлением с применением *Streptococcus ssp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*. Исследование жирнокислотного состава выполняли с применением метода газовой хроматографии в соответствии с государственным отраслевым стандартом Российской Федерации 32915-2014 «Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии».

Для оценки показателей качества липидов жировой фазы исходного молочного сырья и готового продукта выполнен расчет индекса атерогенности и тромбогенный индекс. Индекс атерогенности (АИ) и тромбогенный индекс (ТИ) рассчитывали по формулам [11]:

$$\text{АИ} = \frac{[12{:}0(4{\cdot}14{:}0)+16{:}0]}{\omega{-}3\ \text{ПНЖК}+\omega{-}6\ \text{ПНЖК}+\text{МНЖК}} \quad (1)$$

$$\text{ТИ} = \frac{(14{:}0+16{:}0+18{:}0)}{0{,}5{\cdot}\text{МНЖК}+0{,}5{\cdot}\omega{-}6\ \text{ПНЖК}+3{\cdot}\omega{-}3\ \text{ПНЖК}} + \frac{\omega{-}3\ \text{ПНЖК}}{\omega{-}6\ \text{ПНЖК}} \quad (2)$$

Соотношение между гипохолестеринемическими (h) и гиперхолестеринемическими (H) жирными кислотами было рассчитано в соответствии с уравнением [4]:

$$h/H = \frac{C18{:}1+\text{ПНЖК}}{C14{:}0+C16{:}0} \quad (3)$$

Результаты и их обсуждение

С целью определения потенциала козьего и овечьего молока как сырья для производства продуктов здорового питания предпринята попытка выявления видовых особенностей жирнокислотного состава исследуемого молочного сырья и его трансформации в процессе производства йогурта. Исследован жирнокислотный состав молока коз

зааненской породы и овец северокавказской породы. В ходе исследований было выявлено присутствие 42 жирных кислот.

В зависимости от относительного содержания жирных кислот в молочном жире различают основные жирные кислоты (14) и минорные. Содержание каждой из основных жирных кислот превышает 1 %, минорных – менее 1 %. Участие в образовании триацилглицеринов только основных жирных кислот может дать около 1,5 тысяч смешанных триацилглицеринов. Этот цифровой пример дает представление о комплексности молочного жира и о многообразии факторов, определяющих его состав, а следовательно, и физико-химические свойства. Количественное определение содержания жирных кислот в молочном жире проводят, используя методы газожидкостной хроматографии.

На долю основных жирных кислот в молочном жире приходится 98–99 %. Поэтому именно эта группа кислот определяет свойства молочного жира.

На рисунке 1 представлен профиль, состоящий из четырнадцати основных жирных кислот. Значения, приведенные на рисунке 1 ниже, представляют процентное содержание всех проанализированных жирных кислот, а не общего количества жира в козьем и овечьем молоке.

В козьем молоке содержание цис-изомера олеиновой кислоты (C18:1n9c) составляет 28,7 % от суммы всех жирных кислот, что на 39 % больше чем в овечьем. Концентрация насыщенных жирных кислот в овечьем молоке составляет 70 %, в козьем – 62 % от суммы всех жирных кислот. Овечье молоко имеет гораздо более высокое содержание масляной (C4:0), капроновый (C6:0), каприловой (C8:0), каприновая (C10:0), лауриновой (C12:0), миристиновой (C14:0), пальмитиновой (C16:0), стеариновой (C18:0) кислот, чем козье молоко.

Исследовано изменение жирнокислотного профиля смеси козьего и овечьего молока и готового йогурта на их основе в процессе семидневного хранения. Для производства йогурта использована смесь козьего молока и овечьего молока в соотношении 1:1. Жирнокислотный профиль молочной смеси из козьего и овечьего молока и полученного йогурта, подвергнутого хранению в течение 7 дней при температуре 4 ± 2 °C представлен на рисунке 2.

Среди ненасыщенных жирных кислот олеиновая (18:1n-9) и линолевая (18:2n-6) имеют важную роль в защите организма человека от сердечно-сосудистых заболеваний. В сумме содержание трех ненасыщенных жирных кислот (C18:1n9t, C18:1n9c, C18:2n6c) в йогурте снизилось на 4,8 %. Отмечено существенное снижение содержания цис-изомера олеиновой жирной кислоты с 23 % до 18,7 % в процессе ферментации и хранения йогурта. Аналогичная тенденция отмечена в отношении стеариновой (C18:0) жирной кислоты. Снижение ее происходит на 4,5 %. В йогурте отмечено увеличение миристиновой кислоты (C:14) на 2,1 %, каприновой кислоты (C10:0) на 2,9 %.

На основании данных о составе жирных кислот рассчитаны индекс атерогенности и тромбогенного индекса (рис. 3), характеризующие качества липидов жировой фазы козьего и овечьего молока, а также йогурта, полученного на их основе. Индекс атерогенности указывает на соотношение между суммой основных насыщенных жирных кислот и

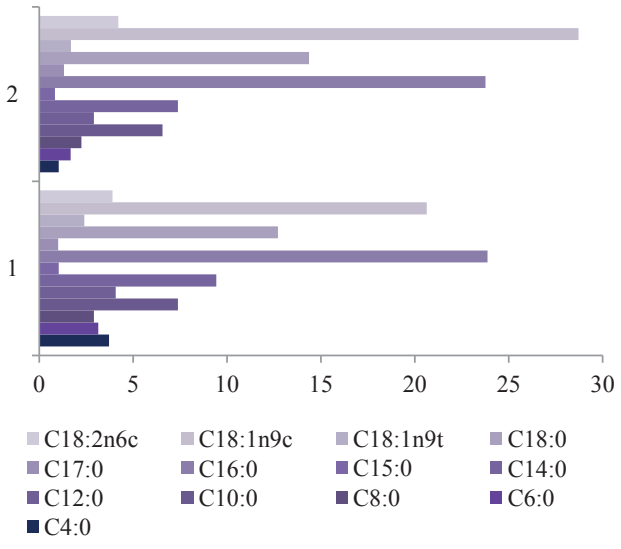


Рисунок 1. Жирнокислотный профиль:
1 – овечьего молока; 2 – козьего молока

Figure 1. Fatty acid profile: 1 – sheep milk; 2 – goat milk

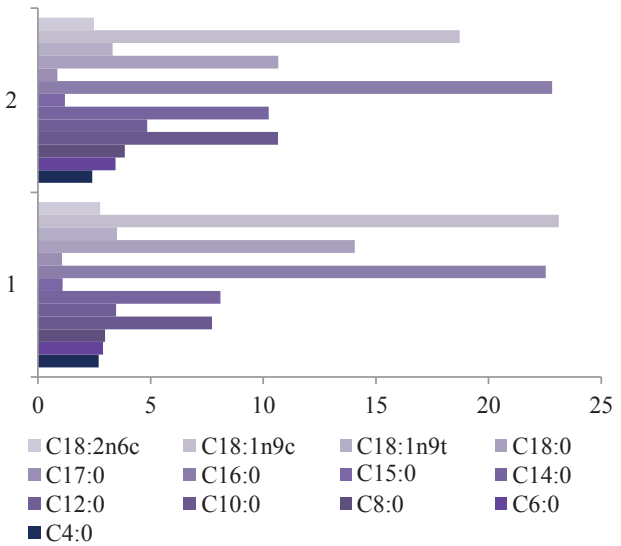


Рисунок 2. Жирнокислотный профиль: 1 – молочной смеси из козьего и овечьего молока в соотношении 1:1;
2 – йогурт из смеси козьего и овечьего молока

Figure 1. Fatty acid profile: 1 – mix of goat and sheep milk in a 1:1 ratio; 2 – yogurt from the mixture of goat and sheep milk

основной группы ненасыщенных. Причем первая считается проатерогенной (способствующей адгезии липидов к клеткам иммунологической и кровеносной систем), а вторая группа – антиатерогенный (ингибирует агрегацию и снижает уровни этерифицированных жирных кислот, холестерина и фосфолипидов, предотвращая появление микро- и макрокоронарных заболеваний) [11–14].

Индекс тромбогенности показывает тенденцию к образованию сгустков в кровеносных сосудах. Это определяется как связь между протромбогенетическими (насыщенными) и антитромбогенетическими жирными кислотами (мононенасыщенными жирными кислотами, полиненасыщенными жирными кислотами ω-6 и ω-3). [14–17].

Наименьшим индексом атергенности и тромогенности характеризовалось козье молоко. Индекс атерогенности для козьего молока составил 1,48, тромбогенный индекс – 2,66. В норме соотношение атерогенных и антиатерогенных липидов не должно превышать 3,5. Йогурт, полученный из смеси козьего и овечьего молока, характеризовался более высоким тромбогенным индексом и индексом атерогенности, чем исходное молочное сырье. Для йогурта из смеси козьего и овечьего молока индекс атерогенности составил 2,44, тромбогенный индекс – 3,2. Увеличение значения индекса атерогенности и тромбогенного индекса характеризует увеличение степени риска для здоровья человека, в результате систематического употребления рассматриваемого продукта [18–20]. Полученные результаты, характеризующие изменения индекса атергенности и тромбогенного индекса в молочной смеси и готовом продукте, связаны с процессом деятельности заквасочной микрофлоры. В процессе созревания происходит увеличение количества насыщенных жирных кислот с параллельным снижением концентрации мононесыщенных и полиненасыщенных жирных кислот. На рисунке 4 представлена динамика изменения состава жирных кислот в технологическом процессе и в результате хранения в течение 7 дней.

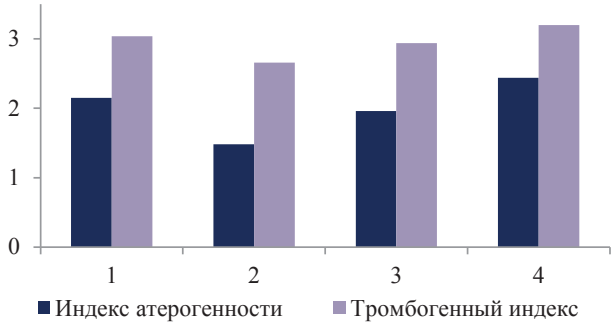


Рисунок 3. Индекс атерогенности и тромбогенный индекс: 1 – овечье молоко; 2 – козье молоко; 3 – смесь козьего и овечьего в соотношении 1:1; 4 – йогурт из смеси козьего и овечьего молока

Figure 3. Atherogenic and thrombogenic indices: 1 – sheep milk; 2 – goat milk; 3 – mix of goat and sheep milk in a 1:1 ratio; 4 – yogurt from the mix of goat and sheep milk

Данные представленные на рисунке 4 свидетельсвуют о том, что в процессе производства йогурта из смеси козьего и овечьего молока содержание моно- и полиненасыщенных жирных кислот снижается. В козьем молоке содержание насыщенных жирных кислот меньше на 12 %, чем в овечьем молоке. В результате технологического процесса и процесса хранения в течение 7 суток, количество насыщенных жирных кислот в йогурте из смеси козьего и овечьего молока увеличилось на 5 % по сравнению с исходной молочной смесью. Обратная зависимость отмечена в динамике полиненасыщенных жирных кислот в йогурте в результате технологической обработки молочной смеси и семидневного хранения. Содержание полиненасыщенных жирных кислот снизилось на 19,27 %. В настоящее время признано, что насыщенные жирные кислоты и содержащие их животные жиры повышают уровень общего холестерина в крови и вызывают развитие атеросклероза. Гиперхолестеринемическим действием обладают насыщенная пальмитиновая кислота, составляющая около 25 % всех жирных кислот животных жиров, а также насыщенные жирные кислоты: лауриновая (12:0), миристиновая (14:0) и стеариновая (18:0). Ulbrich и др. предложено использовать соотношение между ПНЖК и насыщенными жирными кислотами в рационе питания как фактор, предсказывающий действие рациона питания на уровень холестерина в плазме крови [11].

На основании полученных данных установлены соотношения между гипохолестеринемическими и

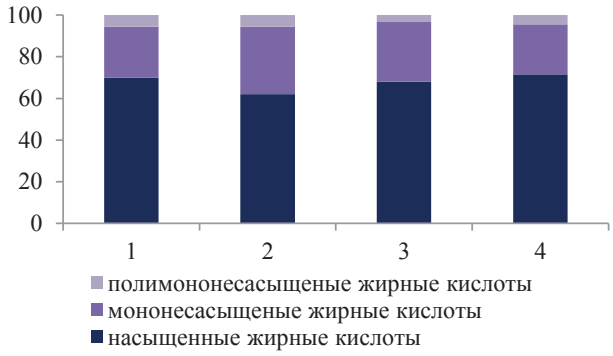


Рисунок 4. Изменение соотношения насыщенных, полиненасыщенных и мононенасыщенных жирных кислот в процессе производства и хранения: 1 – овечье молоко; 2 – козье молоко; 3 – смесь козьего и овечьего молока и 4 – йогурт из смеси козьего и овечьего молока

Figure 4. Change in the ratio of saturated, polyunsaturated, and monounsaturated fatty acids in the process of production and storage: 1 – sheep milk; 2 – goat milk; 3 – mix of goat and sheep milk; 4 – yoghurt from the mix of goat and sheep milk

Таблица 1. Соотношение между гипохолестеринемическими и гиперхолестеринемическими жирными кислотами (*h/H*) в исходном молочном сырье и йогурте

Table 1. Ratio between hypocholesteremic and hypercholesteremic fatty acids (*h/H*) in the raw milk and in the yogurt

Наименованием показателя	Овечье молоко	Козье молоко	Смесь козьего и овечьего молока	Йогурт
h/H	0,858	1,156	0,980	0,8834

гиперхолестеринемическими жирными кислотами в исходном молочном сырье и йогурте, полученном из смеси козьего и овечьего молока в соотношении 1:1.

В козьем молоке отмечено наивысшее значение соотношения между гипохолестеринемическими и гиперхолестеринемическими жирными кислотами. В результате технологического процесса и семидневного срока хранения соотношение между гипохолестеринемическими и гиперхолестеринемическими жирными кислотами уменьшается в йогурте из смеси козьего и овечьего молока.

Выводы

Использование в молочной смеси козьего молока для производства йогурта способствует увеличению количества мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот. Однако отмечена общая тенденция к снижению мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот в процесс производства и хранения йогурта с параллельным увеличением содержания насыщенных жирных кислот. Козье молоко, по сравнению с овечьим молоком, имеет более низкое значение индекса атерогенности и тромбогенного индекса. Расчет индекса атерогенности и тромбогенного индекса является дополнительной информацией о функциональных свойствах продукта. Установленные особенности жирнокислотного профиля и его трансформации в процессе производства йогурта дают информационную основу к получению качественно новых кисломолочных напитков с благоприятным жирнокислотным профилем для здоровья человека.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Выражаем благодарность за помощь в подготовке статьи ректору ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», академику РАН Трухачеву Владимир Ивановичу, директору Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», доктору биологических наук, профессору Марине Ивановне Селионовой.

Conflict of interest

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

Acknowledgements

We express our gratitude to V.I. Trukhachev, Rector of the Stavropol State Agrarian University, Member of the Russian Academy of Sciences, and to Professor M.I. Selionova, Doctor Biological Sciences, Director of the All-Russian Research Institute of Sheep and Goat Breeding – branch of the North Caucasus Federal Scientific Agrarian Center).

Список литературы

1. Park, Y. W. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk / Y. W. Park // Small Ruminant Research. – 1994. – Vol. 14, № 2. – P. 151–159. DOI: https://doi.org/10.1016/0921-4488(94)90105-8.

2. Prosekov, A. Yu. Theory and practice of prion protein analysis in food products / A. Yu. Prosekov // Foods and Raw Materials. – 2014. – Vol. 2, № 2. – P. 106–120. DOI: https://doi.org/10.12737/5467.

3. Prosekov, A. Yu. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world / A. Yu. Prosekov, S. A. Ivanova // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 201–211. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.

4. Fatty acid profile and health lipid indices in the raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from an organic farm / R. Pilarczyk , J. Wójcik, P. Sablik [et al.] // South African Journal of Animal Sciences. – 2015. – Vol. 45, № 1. – P. 30–38. DOI: https://doi.org/10.4314/sajas.v45i1.4.

5. Жирнокислотный состав молока коров голштинской породы на предприятии «РЗА – АСЫЛ ТҰЛІК» Кызылординской области / А. Ж. Хастаева, А. К. Смагулов, Б. У. Умирзаков [и др.] // Новости науки Казахстана. – 2018. – Т. 138, № 4. – С. 198–205.

6. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk / Y. W. Park, M. Juárez, M. Ramos [et al.] // Small Ruminant Research. – 2007. – Vol. 68, № 1–2. – P. 88–113. DOI: https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013.

7. Физико-химические показатели козьего, овечьего и коровьего молока / А. С. Шувариков, К. А. Канина, О. Н. Красуля [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2017. – № 1. – С. 38–40.

8. Молочная продуктивность, качество и жирнокислотный состав липидов молока коз русской породы / М. В. Забелина, Т. Н. Родионова, А. В. Данилин [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2018. – № 3. – С. 35–39.

9. The microstructure and physicochemical properties of probiotic buffalo yoghurt during fermentation and storage: a comparison with bovine yoghurt / H. T. H. Nguyen, L. Ong, C. Lefèvre [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2014. – Vol. 7, № 4. – P. 937–953. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-013-1082-z.

10. Скидан, И. Н. Жировые глобулы как детерминанты пищевой и биологической ценности козьего молока / И. Н. Скидан, А. Е. Гуляев, К. С. Казначеев // Вопросы питания. – 2015. – Т. 84, № 2. – С. 81– 95.

11. Ulbrich, T. L. V. Coronary heart disease seven dietary factors / T. L. V. Ulbrich, D. A. T. Southgate // Lancet. – 1991. – Vol. 338, № 8773. – P. 985–992. DOI: https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M.

12. On the possible effects of harvesting season and chilled storage on the fatty acid profile of the fillet of farmed gilthead sea bream (Sparus aurata) / L. Senso, M. D. Suárez, T. Ruiz-Cara [et al.] // Food Chemistry. – 2007. – Vol. 101, № 1. – P. 298–307. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.036.

13. Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynnus* L.) and their salted product 'bottarga' / M. A. Garaffo, R. Vassallo-Agius, Y. Nengas [et al.] // Food and Nutrition Sciences. – 2011. – Vol. 2, № 7. – P. 736–743. DOI: https://doi.org/10.4236/fns.2011.27101.

14. Ghaeni, M. Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices in leiognathusbindus and upeneussulphureus / M. Ghaeni, K. N. Ghahfarokhi, L. Zaheri / Journal of Marine Science: Research & Development. – 2013. – Vol. 3, № 4. DOI: https://doi.org/10.4172/2155-9910.1000138.

15. Атерогенность как фактор прогнозирования функциональной направленности пищевых продуктов / Л. В. Пешук, И. Г. Радзиевская, О. П. Мельник [и др.] // Научни трудове том LX «Хранителна наука, техника и технологии – 2013» / Университет пищевых технологий. – Пловдив, 2013. – С. 817–821.

16. Fatty acid composition and quality characteristic of some vegetable oils used in making commercial imitation cheese in Egypt / I. A. Abd El-Gawad, E. M. Hamed, M. A. Zidan [et al.] // Journal of Nutrition & Food Sciences. – 2015. – Vol. 5, № 4. DOI: https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000380.

17. Pietrzak-Fiećko, R. Fatty acid profile of milk fat in the local dairy products from north-eastern Poland / R. Pietrzak-Fiećko, K. Staniewska, B. Staniewski / Polish Journal of Natural Sciences. – 2017. – Vol. 32, № 1. – P. 143–151.

18. Milk fatty acids profiles and milk production from dairy cows fed different forage quality diets / S. Liu, R. Zhang, R. Kang [et al.] // Animal Nutrition. – 2016. – Vol. 2, № 4. – P. 329–333. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.008.

19. Influence of pasture-based feeding systems on fatty acids, organic acids and volatile organic flavour compounds in yoghurt / G. Akbaridoust, T. Plozza, V. C. Trenerry [et al.] // Journal of Dairy Research. – 2015. – Vol. 82, № 3. – P. 279–286. DOI: https://doi.org/10.1017/S0022029915000357.

20. Fatty acids profile, atherogenic and thrombogenic health indices of white brined cheese made from buffalo milk / N. Naydenova, I. Kaishev, T. Iliev [et al.] // Agricultural Science and Technology. – 2014. – Vol. 6, № 3. – P. 352–355.

References

1. Park YW. Hypo-allergenic and therapeutic significance of goat milk. Small Ruminant Research. 1994;14(2):151–159. DOI: https://doi.org/10.1016/0921-4488(94)90105-8.

2. Prosekov AYu. Theory and practice of prion protein analysis in food products. Foods and Raw Materials. 2014;2(2):106–120. DOI: https://doi.org/10.12737/5467.

3. Prosekov AYu, Ivanova SA. Providing food security in the existing tendencies of population growth and political and economic instability in the world. Foods and Raw Materials. 2016;4(2):201–211. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-201-211.

4. Pilarczyk R, Wójcik J, Sablik P, Czerniak P. Fatty acid profile and health lipid indices in the raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from an organic farm. South African Journal of Animal Sciences. 2015;45(1):30–38. DOI: https://doi.org/10.4314/sajas.v45i1.4.

5. Khastaeva AZh, Smagulov AK, Umirzakov BU, Nurgalieva MT, Myrzabayeva NYe. Milk fatty acid composition of holstein cows in 'Rza-Azyk tulik' of Kyzylorda region. News of Kazakhstan Science. 2018;138(4):198–205. (In Russ.).

6. Park YW, Juárez M, Ramos M, Haenlein GFW. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research. 2007;68(1–2):88–113. DOI: https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.013.

7. Shuvarikov AS, Kanina KA, Krasulya ON, Pastukh ON, Robkova TO. Fiziko-khimicheskie pokazateli koz′ego, ovech′ego i korov′ego moloka [Physicochemical indicators of goat, sheep, and cow's milk]. Sheep, goats and wool production. 2017;(1):38–40. (In Russ.).

8. Zabelina MV, Rodionova TN, Danilin AV, Tyurin IYu. Molochnaya produktivnost′, kachestvo i zhirnokislotnyy sostav lipidov moloka koz russkoy porody [Productivity, quality, and fatty acid composition of lipids of milk obtained from Russian goats]. Sheep, goats and wool production. 2018;(3):35–39. (In Russ.).

9. Nguyen HTH, Ong L, Lefèvre C, Kentish SE, Gras SL. The microstructure and physicochemical properties of probiotic buffalo yoghurt during fermentation and storage: a comparison with bovine yoghurt. Food and Bioprocess Technology. 2014;7(4):937–953. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-013-1082-z.

10. Skidan IN, Gulyaev AE, Kaznacheev KS. Milk fat globules, as determinants of the nutritional and biological value of goat milk. Problems of Nutrition. 2015;84(2):81–95. (In Russ.).

11. Ulbrich TLV, Southgate DAT. Coronary heart disease seven dietary factors. Lancet. 1991;338(8773):985–992. DOI: https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M.

12. Senso L, Suárez MD, Ruiz-Cara T, García-Gallego M. On the possible effects of harvesting season and chilled storage on the fatty acid profile of the fillet of farmed gilthead sea bream (Sparus aurata). Food Chemistry. 2007;101(1):298–307. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.036.

13. Garaffo MA, Vassallo-Agius R, Nengas Y, Lembo E, Rando R, Maisano R, et al. Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynnus* L.) and their salted product 'Bottarga'. Food and Nutrition Sciences. 2011;2(7):736–743. DOI: https://doi.org/10.4236/fns.2011.27101.

14. Ghaeni M, Ghahfarokhi KN, Zaheri L. Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices in leiognathusbindus and upeneussulphureus. Journal of Marine Science: Research & Development. 2013;3(4). DOI: https://doi.org/10.4172/2155-9910.1000138.

15. Peshuk LV, Radzievska IG, Melnyk OP, Shemanska EI. Atherogenicity as a factor in predicting functional orientation of food products. Scientific works volume LX 'Food science, engineering and technologies – 2013'; 2013; Plovdiv. Plovdiv: University of Food Technologies; 2013. pp. 817–821. (In Russ.).

16. Abd El-Gawad IA, Hamed EM, Zidan MA, Shain AA. Fatty acid composition and quality characteristic of some vegetable oils used in making commercial imitation cheese in Egypt. Journal of Nutrition & Food Sciences. 2015;5(4). DOI: https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000380.

17. Pietrzak-Fiećko R, Staniewska K, Staniewski B. Fatty acid profile of milk fat in the local dairy products from north-eastern Poland. Polish Journal of Natural Sciences. 2017;32(1):143–151.

18. Liu S, Zhang R, Kang R, Meng J, Ao C. Milk fatty acids profiles and milk production from dairy cows fed different forage quality diets. Animal Nutrition. 2016;2(4):329–333. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.008.

19. Akbaridoust G, Plozza T, Trenerry VC, Wales WJ, Auldist MJ, Ajlouni S. Influence of pasture-based feeding systems on fatty acids, organic acids and volatile organic flavour compounds in yoghurt. Journal of Dairy Research. 2015;82(3):279–286. DOI: https://doi.org/10.1017/S0022029915000357.

20. Naydenova N, Kaishev I, Iliev T, Mihaylova G. Fatty acids profile, atherogenic and thrombogenic health indices of white brined cheese made from buffalo milk. Agricultural Science and Technology. 2014;6(3):352–355.

Сведения об авторах

Садовой Владимир Всеволодович
д-р. техн. наук, профессор кафедры технологии продуктов питания и товароведения, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355017, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1
https://orcid.org/0000-0002-0182-9318

Вобликова Татьяна Владимировна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», 355017, Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, тел.: +7 (905) 491-30-34, e-mail: agro@spbgau.ru
https://orcid.org/0000-0001-6306-8414

Пермяков Анатолий Викторович
канд. техн. наук, заведующий кафедрой физики, электротехники и электроэнергетики Института сервиса, туризма и дизайна, ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», 355017, Россия, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1
https://orcid.org/0000-0003-3668-7716

Information about the authors

Vladimir V. Sadovoy
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Department of Food Technology and Commodity Research, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355017, Russia
https://orcid.org/0000-0002-0182-9318

Tatyana V. Voblikova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technologies of Production and Processing of Agricultural Products, Stavropol State Agrarian University, 12, Zootekhnichesky Lane, Stavropol, 355017, Russia, phone: +7 (905) 491-30-34, e-mail: agro@spbgau.ru
https://orcid.org/0000-0001-6306-8414

Anatoly V. Permyakov
Cand.Sci.(Eng.), Head of the Department of Physics, Electrical Engineering and Power Engineering Institute of Service, Tourism and Design, North-Caucasus Federal University, 1, Pushkin Str., Stavropol, 355017, Russia
https://orcid.org/0000-0003-3668-7716

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-563-570
Оригинальная статья
УДК 637.1
http://fptt.ru/

Вальцовая сушилка для молока в малотоннажных условиях

М. Е. Белецкая*, А. А. Владимиров, О. В. Козлова, И. С. Милентьева

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

**e-mail: Beletskaya.ME@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 21.10.2019
Дата принятия в печать: 29.11.2019

© М. Е. Белецкая, А. А. Владимиров, О. В. Козлова, И. С. Милентьева, 2019

Аннотация.
Введение. На сегодняшний день рынок молочных продуктов активно развивается и является одним из крупнейших продовольственных рынков. Однако для данной отрасли свойственны такие проблемы, как сезонность производства и малая транспортабельность сырья из-за его коротких сроков хранения. Глубокая переработка молочного сырья и получение на его основе сухих порошков является наиболее эффективным способом решения данных проблем. Целью данной работы является разработка малотоннажной сушилки для получения сухого молока в условиях фермерских хозяйств и подбор оптимальной температуры сушки.
Объекты и методы исследования. Объектом исследования стало молоко цельное отборное «Своя ферма» с массовой долей жира от 3,4 % до 4,5 %. Исследования проводились на базе Кемеровского государственного университета в городе Кемерово. Сушка молока проводилась на пилотном образце разработанной вальцовой сушилки. Конструкция сушилки состоит из корпуса, греющих барабанов, платы управления на микроконтроллере, к которому подключен датчик температуры и схема управления силовой частью, силовая часть с мощным выпрямителем и импульсным регулятором.
Результаты и их обсуждение. Установлено, что температура сушки свыше 98 °С приводит к ухудшению характеристик сухого молока, молоко не соответствует параметрам ГОСТ. Оптимальная температура сушки 92–95 °С, так как при данной температуре все характеристики, за исключением индекса растворимости, соответствуют параметрам ГОСТа. Органолептические и физические показатели сухого молока улучшаются при сокращении времени сушки и расстояния между ножом и барабаном.
Выводы. Дальнейшая работа будет заключаться в подборе оптимальной скорости вращения барабанов и расстоянии между ножом и барабаном.

Ключевые слова. Молоко, сухие продукты, сушка, фермерские хозяйства

Для цитирования: Вальцовая сушилка для молока в малотоннажных условиях / М. Е. Белецкая, А. А. Владимиров, О. В. Козлова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 563–570. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-563-570.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Roller Dryer for Drying Milk in Low-Tonnage Conditions

M.E. Beletskaya*, A.A. Vladimirov, O.V. Kozlova, I.S. Milentyeva

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

**e-mail: Beletskaya.ME@yandex.ru*

Received: October 21, 2019
Accepted: November 29, 2019

© M.E. Beletskaya, A.A. Vladimirov, O.V. Kozlova, I.S. Milentyeva, 2019

Abstract.
Introduction. Milk has a high nutritional value and is a vital component of human diet. Today, the dairy market is one of the largest and actively developing food markets. However, this industry is characterized by such problems as seasonality and poor transportability of raw materials. These problems particularly affect small farms. Deep processing of dairy raw materials to obtain dry powders is the most effective way to solve these problems. The research objective was to develop a low-tonnage dryer for producing milk powder on small farms and to select the optimal drying temperature.
Study objects and methods. The research featured whole milk of the 'Svoya Ferma' brand, mass fraction of fat = 3.4–4.5%. The research was performed on the premises of Kemerovo State University (Kemerovo, Russia). The milk was dried on a pilot sample

of the roller dryer developed by the research team. The dryer consisted of a vessel, heating drums, and a microcontroller, which was connected to the temperature sensor and the control circuit of the power part, which had a powerful rectifier and pulse regulator.
Results and discussion. When the drying temperature exceeded 98°C, the characteristics of the milk powder deteriorated, and the milk failed to meet the State Standard. The optimal drying temperature was 92–95°C, since at this temperature all the characteristics, except for the solubility index, corresponded to the State Standard. The sensory and physical properties of the milk powder were improved by reducing the drying time and the distance between the knife and the drum.
Conclusion. Further experiments have to be performed to determine the optimal rotation speed of the drums and the distance between the knife and the drum.

Keywords. Milk, dried products, drying, farms

For citation: Beletskaya ME, Vladimirov AA, Kozlova OV, Milentyeva IS. Roller Dryer for Drying Milk in Low-Tonnage Conditions. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):563–570. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-563-570.

Введение

Молоко представляет собой многокомпонентную питательную жидкость, состав которой насыщен макро- и микроэлементами, витаминами, ферментами, а также белками, содержащими все незаменимые аминокислоты. Поэтому молоко имеет высокую пищевую ценность и является жизненно важным звеном в рационе каждого человека [1, 2].

На сегодняшний день рынок молочных продуктов активно развивается и является одним из крупнейших продовольственных рынков. Однако для данной промышленности свойственна сезонность производства: зимой надои молока меньше, а спрос на молочную продукцию выше. В летний период – наоборот. Также ещё одной существенной проблемой молочной индустрии, с которой сталкиваются фермерские хозяйства, имеющие удалённое нахождение от рынков сбыта, является малая транспортабельность сырья из-за его короткого срока хранения [3, 4].

Решить данные проблемы можно благодаря глубокой переработке молочного сырья до сухих порошкообразных продуктов. Сухое молоко является концентратом обычного коровьего молока и представляет собой мелкий порошок или порошок, который состоит из единичных и агломерированных частиц. Правильно приготовленное сухое молоко сохраняет почти все полезные свойства и вкусовые качества молочного продукта. При этом сухой концентрат обладает увеличенным сроком хранения и большей компактностью при транспортировке [5–8].

В современной пищевой и молочной промышленности для получения порошкообразных концентратов используют сублимационные, распылительные, а также вальцовые сушилки. Их характеристики представлены в таблице 1 [8–11].

Проанализировав литературные данные, мы пришли к выводу, что наиболее подходящей для использования в малотоннажных условиях фермерских хозяйств является вальцовая сушилка, так как она легко масштабируется, менее энергозатратная и менее дорогостоящая в сравнении с распылительной и сублимационной сушилками. Помимо этого вальцовые сушилки легки и удобны в чистке и техническом обслуживании.

Целью данной работы является разработка малотоннажной сушилки для получения сухого молока в условиях фермерских хозяйств и подбор оптимальной температуры сушки.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования стало молоко цельное отборное «Своя ферма» с массовой долей жира от 3,4 % до 4,5 %.

Исследования проводились на базе Кемеровского государственного университета в городе Кемерово. Сушка молока проводилась на пилотном образце

Таблица 1. Характеристика сушилок

Table 1. Characteristics of dryers

Вид сушки	Распылительная	Сублимационная	Вальцовая
Процесс	удаление влаги осуществляется за счёт передачи тепла высушиваемому материалу от нагретого воздуха или пара	влага удаляется путем сублимации кристаллов льда из замороженного материала в условиях вакуума	испарение влаги путем прямой передачи тепла от горячего вращающегося барабана в тонкий слой выпариваемого продукта
Достоинства	высокая скорость сушки и большая производительность	высокое качество готового продукта	малые энергозатраты и экономичность, небольшие габариты
Недостатки	дороговизна и большие габариты конструкции, высокие затраты электрической и тепловой энергии	дороговизна оборудования, длительный процесс сушки, большие габариты конструкции	непосредственный контакт продукта с греющей поверхностью, длительный процесс сушки

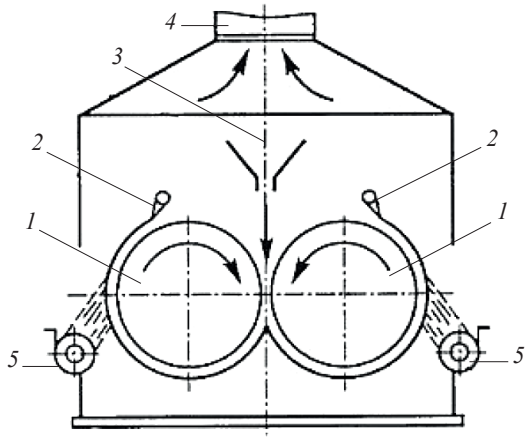


Рисунок 1. Схема двухвальцовой барабанной сушилки:
1 – нагреваемые барабаны; 2 – ножи; 3 – питательный зазор; 4 – вытяжной канал; 5 – приёмный бункер

Figure 1. Diagram of a two-roll drum dryer:
1 – heated drums; 2 – knives; 3 – feed nip;
4 – extraction duct; 5 – feed hopper

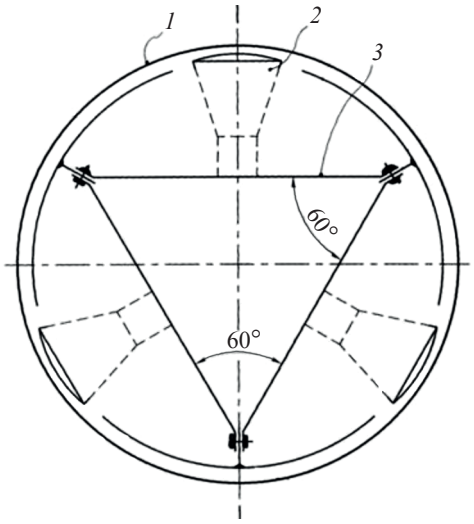


Рисунок 2. Цилиндрический корпус вальцов:
1 – стенка корпуса; 2 – инфракрасные нагреватели;
3 – трёхгранная ось

Figure 2. Cylindrical body of the rollers:
1 – wall of the housing; 2 – IR heaters; 3 – trihedral axis

разработанной вальцовой сушилки. Конструкция сушилки, представленная на рисунке 1, состоит из корпуса, греющих барабанов, платы управления на микроконтроллере, к которому подключен датчик температуры и схема управления силовой частью, силовая часть с мощным выпрямителем и импульсным регулятором.

В процессе сушки молоко подаётся в питательный зазор между двумя нагреваемыми барабанами, вращающимися в противоположные стороны. Молоко наносится тонким слоем, толщина которого составляет 0,1–2,0 мм. Готовое сухое молоко снимается с помощью зафиксированных ножей и подаётся в приёмный бункер. Пар, образующийся в процессе сушки, отводится через вытяжной канал.

Цилиндрический корпус вальцов, представленный на рисунке 2, снабжен шестью инфракрасными нагревателями, размещенными рядами вдоль трехгранной оси на ее плоских гранях. Электропроводка подключена к электросети через регулятор напряжения с учетом вращения барабана относительно центральной оси и с возможностью угловых перемещений оси относительно барабана с последующей ее фиксацией.

Расположение инфракрасных нагревателей в два ряда на трех плоских гранях оси с одинаковым угловым расстоянием в 60° между рядами позволяет, с одной стороны, обеспечить равномерность нагрева цилиндрической стенки корпуса. С другой стороны, более чем в 1,5–2 раза уменьшить энергоемкость нагрева по сравнению с паровым способом нагрева.

Данная вальцовая сушилка имеет следующие технические характеристики:
– габаритные размеры – 620×5500×650 мм;
– длина вальцов – 550 мм;
– диаметр вальцов сушильных – 230 мм;
– инфракрасный нагрев барабанов;
– температура поверхности барабанов 60–125 °С;
– скорость вращения барабанов от 1 до 20 об/мин;
– масса сушилки – 28 кг.

Для подбора оптимальных параметров сушки молока нами был проведён ряд исследований в лаборатории НИИ биотехнологии Кемеровского государственного университета. Основными качественными показателями сухого молока, согласно ГОСТ 33629-2015 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия», являются массовая доля влаги, кислотность и индекс растворимости.

Определение массовой доли влаги производили на приборе Чижовой по ГОСТ 29246-91 «Межгосударственный стандарт консервы молочные сухие. Методы определения влаги». Кислотность определялась по ГОСТ 30305.3-95 «Консервы молочные сгущенные и продукты молочные сухие. Титриметрические методики выполнения измерений кислотности». Определение индекса растворимости проводили по ГОСТ 30305.4-95 «Продукты молочные сухие. Методика выполнения измерений индекса растворимости». Органолептические показатели оценивали по ГОСТ 294531 «Консервы молочные. Методы определения физических и органолептических показателей».

Исследование частиц получаемых образцов сухого молока проводилось методом растровой электронной микроскопии (РЭМ). Исследуемые образцы наносились на медную решетку и анализировались на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390 при комнатной температуре.

Таблица 2. Результаты исследований

Table 2. Research results

Номеруемые показатели	ГОСТ 4495-87	Номера образцов					
		1	2	3	4	5	6
Массовая доля влаги, %	не более 4,0	3,45	2,95	2,60	3,55	3,05	2,75
Кислотность, °Т	не более 21	15,15	17,15	21,55	14,10	16,45	21,50
Индекс растворимости, см^3	1,5	2,2	2,5	3,0	2,0	2,4	2,8

Графические зависимости, представленные на рисунках экспериментальной части работы, приведены после обработки результатов исследований и реализованы в Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Результаты проделанных исследований представлены в таблице 2.

Образец № 1 – молоко, высушенное при температуре 92–95 °С, скорости вращения барабанов V = 3 мин/оборот, расстояние между барабаном и ножом 2 мм; образец № 2 – молоко, высушенное при температуре 95–98 °С, скорости вращения барабанов V = 3 мин/оборот, расстояние между барабаном и ножом 2 мм; образец № 3 – молоко, высушенное при температуре 98–101 °С, скорости вращения барабанов V = 3 мин/оборот, расстояние между барабаном и ножом 2 мм; образец № 4 – молоко, высушенное при температуре 92–95 °С, скорости вращения барабанов V = 2 мин/оборот, расстояние между барабаном и ножом 1 мм; образец № 5 – молоко, высушенное при температуре 95–98 °С, скорости вращения барабанов V = 2 мин/оборот, расстояние между барабаном и ножом 1 мм; образец № 6 – молоко, высушенное при температуре 98–101 °С, скорости вращения барабанов V = 2 мин/оборот, расстояние между барабаном и ножом 1 мм.

Важнейшим преимуществом сухого молока является более длительный срок хранения, чем у свежего, т. к. при низком содержании влаги развитие патогенных микроорганизмов не происходит. Зависимость массовой доли влаги от температуры представлена на рисунке 3. Исходя из данных таблицы 2, можно сделать вывод, что массовая доля влаги во всех образцах соответствует параметрам ГОСТа. Однако при увеличении температуры сушки количество влаги уменьшается и при температуре 98–101 °С образцы готового продукта подгорают и пересушиваются.

Кислотность является показателем свежести молока. Свежевыдоенное молоко имеет кислотность 16–18 °Т, но спустя несколько часов кислотность повышается, если молоко не охлаждалось. При кислотности 22 °Т молоко находится на грани свежего и кислого. Кислотность увеличивается в

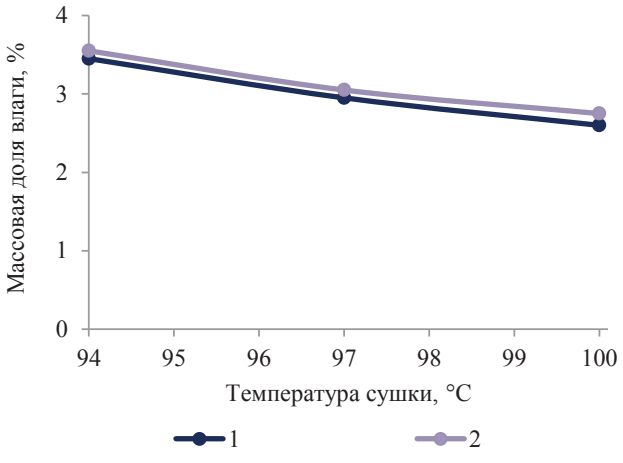


Рисунок 3. Зависимость массовой доли влаги от температуры: 1 – массовая доля влаги при V = 3 мин/оборот и расстоянием между барабаном и ножом 2 мм; 2 – массовая доля влаги при V = 2 мин/оборот и расстоянием между барабаном и ножом 1 мм

Figure 3. Effect of temperature on the mass fraction of moisture: 1 – mass fraction of moisture at V = 3 min/revolution and distance between the drum and the knife = 2 mm; 2 – mass fraction of moisture at V = 2 min/revolution and the distance between the drum and the knife = 1 mm

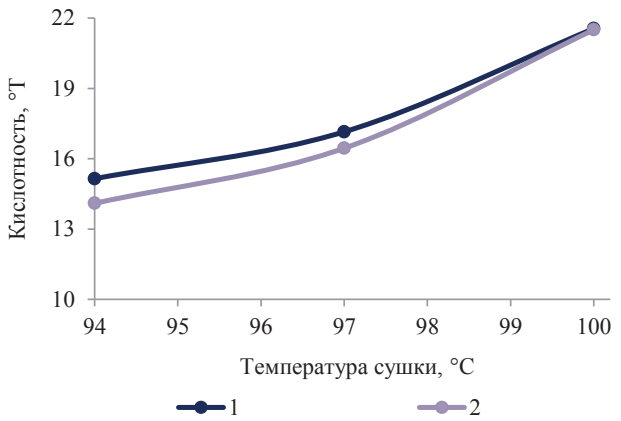


Рисунок 4. Зависимость кислотности от температуры: 1 – кислотность при V = 3 мин/оборот и расстоянием между барабаном и ножом 2 мм; 2 – кислотность при V = 2 мин/оборот и расстоянием между барабаном и ножом 1 мм

Figure 4. Effect of temperature on acidity: 1 – acidity at V = 3 min/revolution and distance between the drum and the knife = 2 mm; 2 – acidity at V = 2 min/revolution and the distance between the drum and the knife = 1 mm

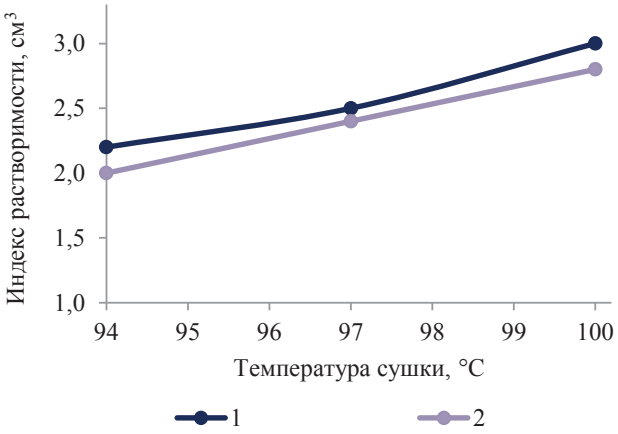


Рисунок 5. Зависимость индекса растворимости от температуры: 1 – индекс растворимости при V = 3 мин/оборот и расстоянием между барабаном и ножом 2 мм; 2 – индекс растворимости при V = 2 мин/оборот и расстоянием между барабаном и ножом 1 мм

Figure 5. Effect of temperature on solubility index: 1 – solubility index at V = 3 min/revolution and the distance between the drum and the knife = 2 mm; 2 – solubility index at V = 2 min/revolution and the distance between the drum and the knife = 1 mm

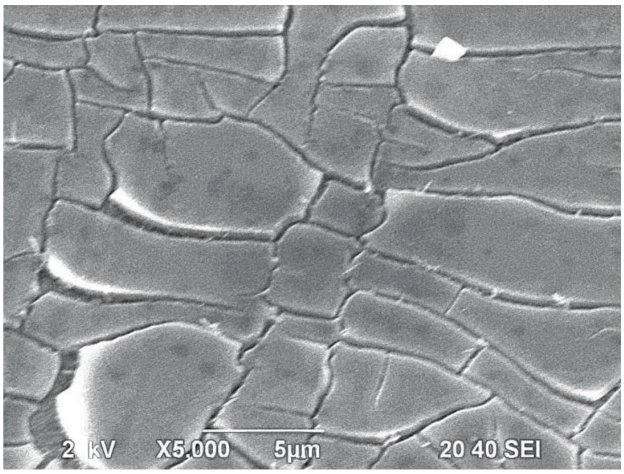


Рисунок 6. Сканирующая электронная микроскопия сухого молока, полученного при температуре 92–95 °С, V = 3 мин/оборот, расстояние между барабаном и ножом 2 мм (образец 1)

Figure 6. Scanning electron microscopy of milk powder obtained at 92–95°C, V = 3 min/revolution, the distance between the drum and the knife = 2 mm (sample 1)

результате жизнедеятельности бактерий, которые переводят молочный сахар в молочную кислоту. Зависимость кислотности от температуры сушки представлена на рисунке 4.

Кислотность всех образцов, за исключением номеров 3 и 6, соответствует параметрам ГОСТа. Молоко под номером 3 и 6 подвергалось наиболее интенсивной термической обработке, поэтому в данных образцах произошло необратимое изменение минерального состава, что привело к повышению кислотности.

Индекс растворимости – это свойство, влияющее на продолжительность и качество восстановления, т. е. получения из сухого молока «сырого». Данный показатель существенно зависит от температуры и технологии производства сухого молока. Зависимость индекса растворимости от температуры сушки представлена на рисунке 5.

По данным таблицы 2 видно, что все образцы превышают параметры ГОСТа. Из рисунка 5 видно, что при повышении температуры сушки увеличивается и индекс растворимости. Высокая температура сушки приводит к необратимой тепловой денатурации белка, что снижает растворимость сухого молока.

Органолептические показатели полученного сухого молока представлены в таблице 3.

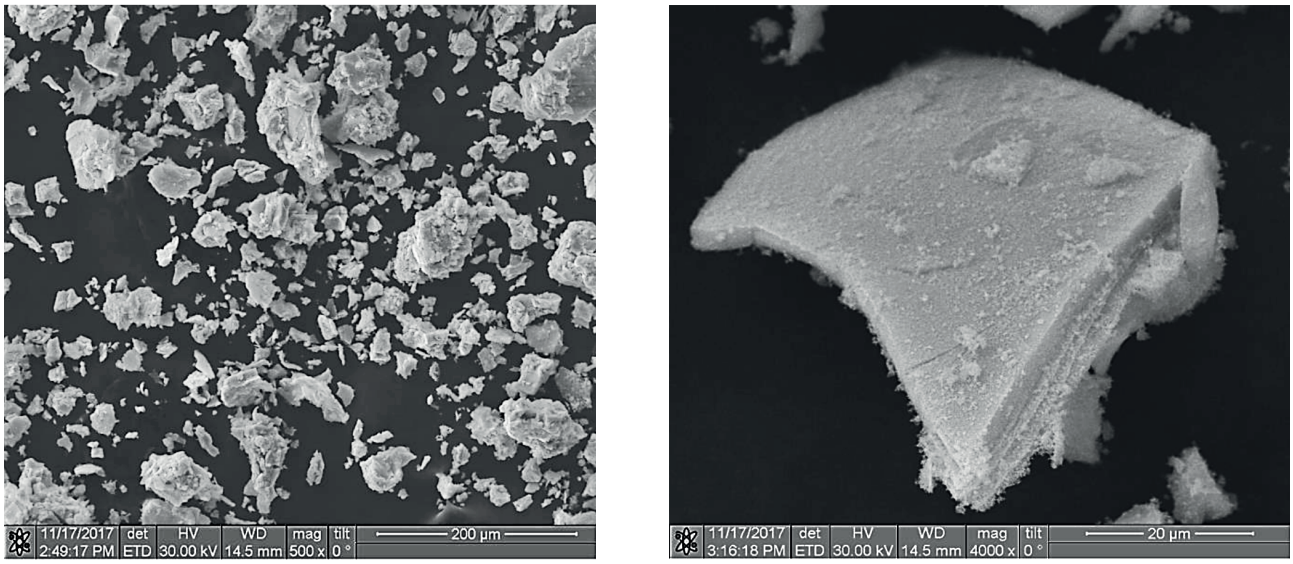
Все образцы, за исключением 3 и 6, соответствуют параметрам ГОСТа.

Частицы сухого молока, высушенного на вальцах, имеют неправильную форму и острые края, т. к. готовый продукт измельчают в порошок в процессе дробления. На рисунках 6–8 представлена сканирующая электронная микроскопия полученных образцов сухого молока.

Таблица 3. Органолептические показатели

Table 3. Sensory properties

Номера образцов	Показатели		
	Внешний вид и консистенция	Цвет	Вкус и запах
1 и 2	Мелкий сухой порошок, состоящий из неоднородных частиц, встречаются комочки	Кремовый оттенок равномерным по массе	Вкус и запах, свойственный кипячённому молоку, имеется карамельный привкус
3	Сухой порошок, состоящий из частиц различного размера	Кремово-желтый, оттенок не равномерен по массе	Вкус и запах подгорелого молока
4 и 5	Мелкий сухой порошок, состоящий из однородных частиц, без комочков	Белый с кремовым оттенком равномерным по массе	Вкус и запах, свойственный кипячённому молоку, имеется карамельный привкус
6	Сухой порошок, состоящий из частиц различного размера	Кремово-желтый, оттенок не равномерен по массе	Вкус и запах подгорелого молока



(а) (б)

Рисунок 7. Сканирующая электронная микроскопия сухого молока полученного при температуре 98–101 °С, V = 3 мин/оборот, расстояние между барабаном и ножом 2 мм (образец 3)

Figure 7. Scanning electron microscopy of powdered milk obtained at 98–101°C, V = 3 min/revolution, the distance between the drum and the knife = 2 mm (sample 3)

Из анализа рисунка 6 следует, что сухое молоко, получаемое в данных условиях, имеет плоские частицы с большим соотношением площади к толщине. Формы частиц характерны для вальцового процесса получения сухого продукта со средним размером 10–20 мкм. Однако эти частицы представлены в виде составного агломерата без разделения на отдельные частицы, что может соответствовать наличию остаточной влаги.

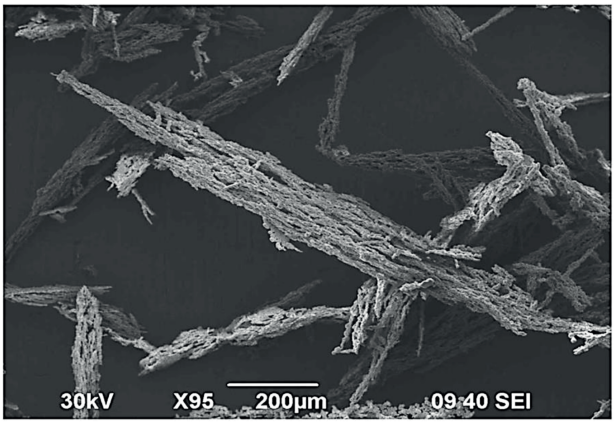


Рисунок 8. Сканирующая электронная микроскопия сухого молока полученного при температуре 95–98 °С, V = 2 мин/оборот, расстояние между барабаном и ножом 1 мм (образец 5)

Figure8. Scanning electron microscopy of powdered milk obtained at 95–98°C, V = 2 min/revolution, the distance between the drum and the knife = 1 mm (sample 5)

Из анализа изображения 7 следует, что сухое молоко, получаемое в данных условиях, имеет плоские, компактные частицы с большим соотношением площади к толщине. Формы частиц характерны для вальцового процесса получения сухого продукта со средним размером 50 мкм. Также при увеличении (рис. 7б) можно наблюдать, что единичные частицы имеют наслоения, т. е. состоят из нескольких слоев. Это говорит о неоптимальных условиях процесса сушки.

На рисунке 8 видно, что получаемый продукт представляет из себя отдельные и достаточно тонкие частицы, которые вытянуты параллельно направлению ножа, получаемые в процессе их отделения (срезания) с поверхности вращающего барабана.

Выводы

Опираясь на полученные данные, можно сделать следующие выводы:

– полученные образцы, высушенные при температуре свыше 98 °С, имеют худшие характеристики и не соответствуют параметрам ГОСТа;

– температуру сушки от 92 °С до 95 °С можно считать оптимальной, так как при данной температуре все характеристики, за исключением индекса растворимости, соответствуют параметрам ГОСТа;

– органолептические и физические показатели сухого молока, полученного при скорости вращения барабанов V = 2 мин/оборот и расстоянием между барабаном и ножом 1 мм, лучше, чем при скорости вращения барабанов V = 3 мин/оборот и расстояние между барабаном и ножом 2 мм. Поэтому дальнейшая

работа будет заключаться в подборе оптимальной скорости вращения барабанов и расстоянии между ножом и барабаном. Возможно варьирование этими параметрами поспособствует улучшению индекса растворимости сухого молока.

Критерии авторства

М. Е. Белецкая и А. А. Владимиров внесли существенный вклад в дизайн исследования, получение данных, их анализ и интерпретацию. М. Е. Белецкая и О. В. Козлова осуществили написание первой версии статьи. И. С. Милентьева осуществила критический пересмотр статьи на предмет важного интеллектуального содержания.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

Contribution

M.E. Beletskaya and A.A. Vladimirov made a significant contribution to the design of the study, data acquisition, analysis, and interpretation. M.E. Beletskaya and O.V. Kozlova wrote the first version of the article. I.S. Milentyeva reviewed the draft and added important intellectual content.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Чепраков, Д. В. Актуальные проблемы молочной промышленности России / Д. В. Черпаков, С. Г. Авруцкая // Успехи в химии и химической технологии. – 2016. – Т. 30, № 8 (177). – С. 116–118.

2. Novoselova, M. V. Technological options for the production of lactoferrin / M. V. Novoselova, A. Yu. Prosekov // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 90–101. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-101.

3. Оразов, А. Оценка биологической ценности молока сельскохозяйственных животных / А. Оразов, Л. А. Надточий, А. В. Сафронова // Техника и технологии пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 3. – С. 447–453. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-447-453.

4. Глухарева, А. Л. Химический состав и свойства молока высокопродуктивных коров / А. Л. Глухарёва, Т. П. Логинова // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2011. – Т. 9, № 4. – С. 7–9.

5. Геворкян, К. А. К вопросу о эффективности технологического потенциала формирования качества сухого молока / К. А. Геворкян // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. – 2017. – Т. 230, № 2. – С. 55–59 .

6. Першина А. А. Сухое обезжиренное обогащённое молоко «SECONDLIFE» / А. А. Першина, М. И. Сложенкина // Фермер. Поволжье. – 2015. – Т. 33, № 2. – С. 58–59.

7. Ивкова, И. А. Современные технологии получения сухих молочных консервов высокого качества / И. А. Ивкова, А. С. Пиляева // Вестник государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2015. – Т. 31, № 4. – С. 89–94.

8. Galstyan, A. G. Theoretical backgrounds for enhancement of dry milk dissolution process: mathematical modeling of the system ‘solid particles – liquid’ / A. G. Galstyan, A. N. Petrov, V. K. Semipyatniy // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 102–109. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-102-109.

9. Westergaard, V. Milk Powder Technology. Evaporation and Spray Drying / V. Westergaard. – Copenhagen : GEA Niro, 2010. – 339 p.

10. Lyophilization / freeze drying – A review / A. G. Kunal, H. Mallinath, B. Deepak [et al.] // World Journal of Pharmaceutical Research. – 2015. – Vol. 4, № 8. – P. 516–543.

11. Francis, F. J. Dryers: Technology and Engineering / F. J. Francis // Encyclopedia of Food Science and Technology / F. J. Francis. – New York : Wiley, 2000. – P. 542–578.

12. Hall, C. W. Drum drier / C. W. Hall, A. W. Farrall, A. L. Roppen // Encyclopedia of Food Engineering / C. W. Hall, A. W. Farrall, A. L. Roppen. – Westport, Connecticut : AVI Publishing Company, 1996. – P. 264–266.

13. Caric, M. Effects of drying techniques on milk powders quality and microstructure: A review / M. Caric, M. Kalab // Food Structure. – 1987. – Vol. 6, № 2. – P. 171–180.

14. Okos, M. R. Food Dehydration / M. R. Okos, G. Narsimhan, R. K. Singh // Handbook of Food Engineering / D. R. Heldman, D. B. Lund, C. Sabliov. – New York : John Wiley & Sons, 2000. – 516 p.

15. Vilder, J. Influence of process variables on some whole milk powder characteristics / J. Vilder, R. de Martens, M. Naudts // Milk Industry. – 1976. – Vol. 31. – P. 396–401.

16. Попова, Н. В. Обеспечение интенсификации технологии восстановления сухого молока на основе методов математического моделирования / Н. В. Попова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2016. – Т. 4, № 1. – С. 29–38. DOI: https://doi.org/10.14529/food160104.

References

1. Cheprakov DV, Avrutskaya SG. Current problems of dairy industry in Russia. Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii [Advances in chemistry and chemical technology]. 2016;30(8)(177):116–118. (In Russ.).

2. Novoselova MV, Prosekov AYu. Technological options for the production of lactoferrin. Foods and Raw Materials. 2016;4(1):90–101. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-90-101.

3. Orazov A, Nadtochii LA, Safronova AV. Assessing the biological value of milk obtained from various farm animals. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):447–453. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-447-453.

4. Loginova TP, Gluhareva AL. The chemical composition and properties of milk of highly productive cows. Theoretical Heoretical & Applied Problems of Agro-industry. 2011;9(4):7–9. (In Russ.).

5. Gevorgyan KA. The effects of technological formation of dry milk quality. Scientific notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2017;230(2):55–59. (In Russ.).

6. Pershina AA, Slozhenkina MI. Sukhoe obezzhirennoe obogashchyonnoe moloko 'SECONDLIFE' [Skimmed milk powder 'SECONDLIFE']. Fermer. Povolzh′e [Farmer. Povolzhye]. 2015;33(2):58–59. (In Russ.).

7. Ivkova IA, Pilyaeva AS. Modern technologies of high-quality dry canned milk. Vestnik gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural′ya [Bulletin of the State Agrarian University of the Northern Trans-Urals]. 2015;31(4):89–94. (In Russ.).

8. Galstyan AG, Petrov AN, Semipyatniy VK. Theoretical backgrounds for enhancement of dry milk dissolution process: mathematical modeling of the system 'solid particles – liquid'. Foods and Raw Materials. 2016;4(1):102–109. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-102-109.

9. Westergaard V. Milk Powder Technology. Evaporation and Spray Drying. Copenhagen: GEA Niro; 2010. 339 p.

10. Kunal AG, Mallinath H, Deepak B, Pallavi SN. Lyophilization / freeze drying – A review. World Journal of Pharmaceutical Research. 2015;4(8):516–543.

11. Francis FJ. Dryers: Technology and Engineering. In: Francis FJ, editor. Encyclopedia of Food Science and Technology. New York: Wiley; 2000. pp. 542–578.

12. Hall CW, Farrall AW, Roppen AL. Drum drier. In: Hall CW, Farrall AW, Roppen AL, editors. Encyclopedia of Food Engineering. Westport, Connecticut: AVI Publishing Company; 1996. pp. 264–266.

13. Caric M, Kalab M. Effects of drying techniques on milk powders quality and microstructure: A review. Food Structure. 1987;6(2):171–180.

14. Okos MR, Narsimhan G, Singh RK. Food Dehydration. In: Heldman DR, Lund DB, Sabliov C, editors. Handbook of Food Engineering. New York: John Wiley & Sons; 2000. pp. 516.

15. Vilder J, de Martens R, Naudts M. Influence of process variables on some whole milk powder characteristics. Milk Industry. 1976;31:396–401.

16. Popova NV. Provision of intensification of technologies of milk recombination on the basis of methods of mathematical modelling. Bulletin of South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2016;4(1):29–38. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.14529/food160104.

Сведения об авторах

Белецкая Марина Евгеньевна
младший научный сотрудник НИИ биотехнологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: Beletskaya.ME@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-9290-6197

Владимиров Александр Александрович
научный сотрудник Научно-инновационного управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: fizickemsu@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8438-2872

Козлова Оксана Васильевна
канд. техн. наук, доцент, директор технологического института пищевой промышленности, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: tf@kemsu.ru

Милентьева Ирина Сергеевна
канд. техн. наук, доцент кафедры бионанотехнологии, старший научный сотрудник научно-образовательного центра, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, e-mail: bionano_kem@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3536-562X

Information about the authors

Marina E. Beletskaya
Junior Researcher of the Research Institute of Biotechnology, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: Beletskaya.ME@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-9290-6197

Alexander A. Vladimirov
Researcher of the Scientific and Innovative Management, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: fizickemsu@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-8438-2872

Oksana V. Kozlova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Director of the Technological Institute of Food Industry, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: tf@kemsu.ru

Irina S. Milentyeva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Bionanotechnology, Senior Research of the Center of Research and Education, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, e-mail: bionano_kem@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3536-562X

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-571-578
Оригинальная статья
УДК 665.347.8
http://fptt.ru/

Влияние фрикционных свойств семян подсолнечника на эффективность работы технологического оборудования для прессования

М. А. Березин*, В. И. Борисов

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68

**e-mail: berezin_ma @mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 13.09.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© М. А. Березин, В. И. Борисов, 2019

Аннотация.
Введение. Процесс отжима масла из масличных культур очень сложен вследствие наличия большого количества связанных между собой факторов, которые влияют на характер его протекания. Сложная пористая структура строения мезги культуры представляет собой сочетание трех фаз: сухого вещества, жидкости (масла) и воздуха. Поэтому изучение процесса уплотнения мезги требует разработки специальной методики определения фрикционных характеристик материала.
Объекты и методы исследования. Для проведения исследования фрикционных, а также объемных характеристик семян масличных культур, была разработана и изготовлена оригинальная экспериментальная установка. Исследование проводилось с использованием навесок исследуемого образца одинаковой массы, взвешенных на аналитических весах с допускаемой погрешностью ± 5 %. На первом этапе эксперимента изучались объемные характеристики, где были подвергнуты испытанию 10 навесок. На втором этапе изучались фрикционные характеристики. Для этого брались первые 5 образцов, полученные после первого этапа при различном давлении.
Результаты и их обсуждение. Время выдержки под давлением оказывает на выход масла более значимое влияние, чем величина давления прессования. Это обуславливается сложной капиллярной структурой мезги, оказывающей значительное гидродинамическое сопротивление оттоку масла. Зависимость выхода масла от давления прессования описывается асимптотической функцией с предельным (асимптотическим) значением давления прессования 48 МПа, при котором выход масла достигает величины φ = 54 %. Установлено, что зависимость коэффициента трения от значений температуры, давления и скорости скольжения описывается регрессионным уравнением степенного типа с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0{,}96$.
Выводы. Полученные данные имеют практическую значимость и позволят повысить эффективность технологического оборудования для прессования.

Ключевые слова. Подсолнечное масло, фрикционные свойства, сила трения, объемное сжатие, давление, прессование, выход масла

Финансирование. Статья подготовлена в рамках выполнения основной работы научно-педагогических работников ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва».

Для цитирования: Березин, М. А. Влияние фрикционных свойств семян подсолнечника на эффективность работы технологического оборудования для прессования / М. А. Березин, В. И. Борисов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 571–578. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-571-578.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Effect of the Frictional Properties of Sunflower Seeds on the Efficiency of Pressing Equipment

M.A. Berezin*, V.I. Borisov

National Research Ogarev Mordovia State University, 68, Bolshevistskaya Str., Saransk, 430005, Russia

**e-mail: berezin_ma @mail.ru*

Received: September 13, 2019
Accepted: November 15, 2019

© M.A. Berezin, V.I. Borisov, 2019

Abstract.
Introduction. The process of oil extraction from oilseeds is very complicated as it depends on a large number of related factors. The

complex porous structure of pulp is a combination of three phases: dry solids, liquid (oil), and air. Therefore, the study of the process of pulp pressing requires a special method for determining the friction characteristics of the material.
Study objects and methods. To determine the friction and volume characteristics of oilseeds, an original experimental unit was developed and manufactured. The study involved samples of the same mass weighted using a high-accuracy analytic balance (permissible error = ± 5%). The first stage of the experiment featured volume characteristics of ten samples. The second stage featured friction characteristics of the five first samples obtained during the first stage at different pressures.
Results and discussion. The pressure time proved to have a more significant effect on the oil yield than the pressure volume, since the complex capillary structure of the pulp demonstrated a significant hydrodynamic resistance to oil outflow. The dependence of the oil yield on the pressure was described by an asymptotic function; the limit (asymptotic) value of the pressure was 48 MPa. At this pressure, the oil yield reached φ = 54 %. The dependence of the friction coefficient on the values of temperature, pressure, and sliding velocity was described by a power-law regression equation with the coefficient of accuracy of approximation $R^2 = 0.96$.
Conclusion. The obtained data are of practical importance and can be used to improve the efficiency of pressing equipment.

Keywords. Seed oils, friction properties, friction force, volume compression, pressing pressure, oil yield

Funding. The paper was written as part of the routine work performed by the researches of the National Research Ogarev Mordovia State University.

For citation: Berezin MA, Borisov VI. Effect of the Frictional Properties of Sunflower Seeds on the Efficiency of Pressing Equipment. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):571–578. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-571-578.

Введение

В основе известных математических моделей и методов расчета процессов формования лежат определяющие (реологические) уравнения, связывающие напряжения и скорости деформации формуемых сред. Граничные условия в зоне контакта деформируемой среды с нагружающей поверхностью (рабочими органами прессового оборудования) формулируются в виде различных законов трения, выражающих зависимость удельной силы трения (касательных напряжений) от нормальной силы (нормальных напряжений) на границе контакта и других факторов (температуры, скорости скольжения, состояния поверхностей трения и т. д.).

Особую роль при этом играют фрикционные свойства, так как в процессе обработки происходит взаимодействие между исследуемым материалом и рабочими органами машин. Следовательно, на материал действуют силы трения и силы, вызывающие его деформацию. Под действием этих сил в материале возникают напряжения. Без знания закономерностей изменений фрикционных характеристик материалов, деформаций и напряжений в материале невозможно выполнить теоретические расчеты, связанные с проектированием оборудования [1–22].

В данных условиях особое внимание вызывает изучение фрикционных свойств семян масличных культур. Это объясняется тем, что процесс прессования мезги масличных культур очень сложен из-за влияния на характер его протекания большого количества связанных между собой факторов, а также сложной пористой структурой строения мезги культуры, представляющей собой сочетание трех фаз: сухого вещества, жидкости (масла) и воздуха. Поэтому изучение процесса уплотнения мезги требует разработки специальной методики.

Объекты и методы исследования

Для проведения исследования фрикционных, а также объемных характеристик семян масличных культур, была разработана и изготовлена оригинальная экспериментальная установка, основой конструкции которой являются: рама, верхний и нижний приводы [4].

Экспериментальный блок размещается между верхней и нижней плитами рамы. Нижний привод осуществляется от двигателя постоянного тока со встроенным тахогенератором и возможностью регулирования частоты вращения в диапазоне 0–3000 мин$^{-1}$. Общее передаточное число нижнего привода составляет u = 475, допуская варьирование линейной скорости толкателя в диапазоне 0–1 мм/с. Вращение от двигателя передается через ременную передачу (i_1 = 2) на червячный редуктор (i_2 = 50) и далее через цилиндрическую открытую прямозубую передачу (i_3 = 2,375) на ходовой винт винтовой зубчатой передачи (i_4 = 2), соединенный с толкателем с помощью пальца.

Общий вид экспериментального блока разработанной установки представлен на рисунке 1.

Основой экспериментального блока является толстостенная камера (9), снабженная встроенным электронагревательным элементом и теплоизоляцией. Для создания равномерного температурного поля в рабочей полости камеры при ее монтаже на промежуточное кольцо были установлены теплоизоляционные кольца и прокладки.

Регистрация температурного режима в рабочей полости осуществляется с помощью термопары ТХК-2488 (ТУ 25-7363.041-89) с рабочим диапазоном температур –40 °С–+375 °С, номинальной статической характеристикой преобразования Е, классом допуска 1 (ГОСТ Р5043-92) (предел допускаемых отклонений ± 1,5 °С), монтируемой в

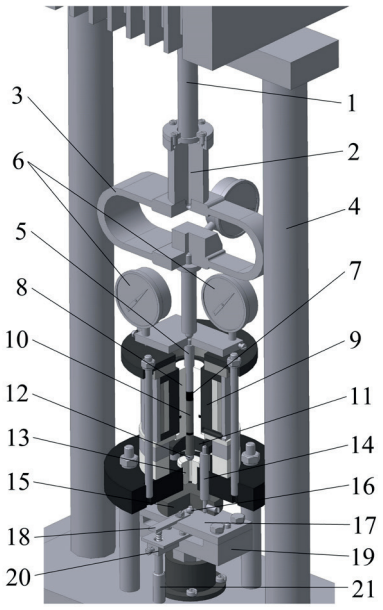


Рисунок 1. Экспериментальный блок установки для исследования фрикционных характеристик пищевых материалов в условиях объемного сжатия: 1 – верхний привод; 2 – переходник; 3 – пружинный динамометр сжатия (ГОСТ 9500-84); 4 – колонны; 5 – верхний шток; 6 – индикатор часовой ИЧ-10 (ГОСТ 577-68); 7 – образец; 8 – втулка подвижная; 9 – камера; 10 – нижний толкатель; 11 – пятка; 12, 16 – сфера; 13 – пробка; 14 – стержни; 15 – плита стержневая; 17 – динамометр; 18 – пластина упорная; 19 – динамометр; 20 – держатель; 21 – датчик перемещений «MARPOS»

Figure 1. Experimental unit used to study the frictional characteristics of food materials under volume compression: 1 – top drive; 2 – adapter; 3 – spring compression dynamometer (State Standard 9500-84); 4 – pillars; 5 – upper stock; 6 – dial indicator DI-10 (State Standard 577-68); 7 – sample; 8 – driving washer; 9 – chamber; 10 – bottom pusher; 11 – toe; 12, 16 – sphere; 13 – cork; 14 – rods; 15 – rod plate; 17 – dynamometer; 18 – thrust plate; 19 – dynamometer; 20 – holder; 21 – movement sensor MARPOS

отверстие камеры (9), и регулирующего прибора К2649 «Velleman-kit» с LCD-дисплеем с рабочим диапазоном температур –60 °С–+300 °С и допускаемой погрешностью от нормируемого значения ± 0,5 %.

Установка имеет собственную систему управления, позволяющую осуществлять опускание, подъем и остановку ходового винта нижнего привода, а также изменение линейной скорости движения. Для точного измерения перемещения нижнего толкателя относительно стола используется индикатор часового типа ИЧ-50 (ГОСТ 577-68) с ценой деления 0,01 мм и диапазоном измерений 50 мм.

Установка снабжена системой силоизмерения, включающей в себя сменный пружинный динамометр сжатия ДОСМ-3-10У с наибольшим пределом измерений 10 кН и ценой деления 16 Н (ГОСТ 9500-84).

Система измерения деформаций представлена плитой, на которой установлены два индикатора часового типа (6), нулевые значения которых должны соответствовать нулевым нагрузкам, действующим на образец.

Измерение фрикционных характеристик предполагается осуществлять следующим образом: с помощью верхнего привода (1) создается сжимающее усилие на образец (7), которое регистрируется динамометром (3). После подвижная втулка (8) с помощью нижнего привода через детали (15, 14, 12) перемещается в камере (9) относительно толкателей и испытуемого образца (7) с выбранной скоростью вверх. Для измерения деформации и преобразования ее в силу трения поверхности образца используется датчик перемещений «MARPOS» (21), подключенный к контрольно-измерительному прибору, который регистрирует во времени усилия, воспринимаемые от изгибного датчика растяжения-сжатия (17). Метод аналогичен методам, описанным в работах [2–6, 9, 13, 20].

Предварительно была проведена тарировка динамометра с индукционным датчиком перемещений и датчика скорости скольжения.

В качестве исследуемого образца были выбраны ядра семян подсолнечника, которые измельчались до тонкодисперсного состояния.

Исследование проводилось в два этапа на разработанной установке с использованием навесок исследуемого образца одинаковой массы, взвешенных на аналитических весах с допускаемой погрешностью ± 5 %. На первом этапе эксперимента изучались объемные характеристики, где были подвергнуты испытанию 10 навесок. На втором этапе изучались фрикционные характеристики. Для этого брались первые 5 образцов, полученные после первого этапа при соответствующих давлениях.

На первом этапе испытание образцов в изотермических условиях осуществлялось объемное сжатие при t = 120 °С и давлениях 5,09 МПа, 10,19 МПа, 15,28 МПа, 20,38 МПа, 25,48 МПа, 38,22 МПа, 63,69 МПа, 89,17 МПа, 108,28 МПа, 127,39 МПа. Предварительно образцы подвергались сжатию 0,64 МПа при t = 120 °С в течении 10 мин. По показаниям индикаторов фиксировали изменение объема, после чего строились первичные кривые $\varepsilon_V = \varphi(P,T)$.

На втором этапе испытание образцов производили в условиях изобарного нагружения (p = const) с повышением температуры от t_0 = 60 С до t = 120 °С с интервалом Δt = 15 °С. С помощью пружинного динамометра, закрепленного на верхнем толкателе, следили за постоянством давления, систематически корректируя его перемещением верхнего привода. Контроль температурного режима осуществлялся с помощью системы из термопары ТХК-2488 (ТУ 25-7363.041-89), который последовательно (в 5 ступеней) настраивался на соответствующие значения температуры. После достижения на очередном шаге нагрева заданного значения температуры перед измерениями в течение 10 мин выдерживалась

пауза. Это гарантировало соответствующий прогрев образца. После создавалось движение подвижной втулки относительно образца с заданной скоростью скольжения, начиная от υ = 0,05 мм/с до υ = 0,25 мм/с с интервалом Δυ = 0,05 мм/с. Контроль скоростного режима осуществлялся с помощью вольтметра, по показаниям которого настраивалось соответствующее значение скорости. Предварительно была произведена тарировка скорости скольжения. После этого с помощью нижнего изгибного датчика растяжения-сжатия и датчика перемещений «MARPOS» фиксировалось деформация. Показания датчика перемещений переводились в усилия на нижнем приводе согласно тарировочному графику. Данное усилие соответствовало силе трения боковой поверхности образца. Далее коэффициенты трения определялись по следующей зависимости:

$$F_{TP} = \pi \cdot d \cdot l \cdot P \cdot f \quad (1)$$

где d – диаметр образца, d = 10 мм = const;
l – длина образца, мм;
P – давление на верхнем штоке, МПа;
f – коэффициент трения.

Следовательно, коэффициент трения определяется:

$$f = \frac{F_{TP}}{\pi \cdot d \cdot l \cdot P} \quad (2)$$

По полученным значениям коэффициентов трения строились первичные кривые $f = \varphi(T, \vartheta, P)$.

Результаты и их обсуждение

В соответствии с методикой, изложенной в настоящей работе, на основе экспериментальных данных, полученных на первом этапе экспериментов, построены кривые нагружения образцов мезги ядер семян подсолнечника, представленные на рисунках 2 и 3.

Полученные результаты указывают на зависимость выхода масла от давления, а также на зависимость изменения объема от времени при различных давлениях. Однако влияние давления менее значимо, чем время выдержки при заданном давлении. Согласно графику, представленному на рисунке 2, с увеличением давления объемная деформация ε_V увеличивается, а время прессования резко падает. При этом объемная деформация с течением времени выходит на асимптотику.

Согласно графику, представленному на рисунке 3, зависимость выхода масла описывалась полиномиальной функцией распределения 4 степени с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0{,}9963$. Полученный график позволяет определять рациональное давление прессования, которое обеспечит максимальный выход масла. В нашем случае рациональным является давление в 48 МПа при выходе масла φ = 54 %.

На втором этапе экспериментальных исследований были определены коэффициенты трения образцов, графики зависимостей которых представлены на рисунках 4–6.

Результаты статистической обработки значений коэффициентов трения, представленных на рисунках 4–6, показывают, что с увеличением давления, скорости скольжения и температуры коэффициенты трения снижаются.

Полученные кривые аппроксимированы степенными функциями распределения. Среднее значение критерия достоверности аппроксимации R^2 составило 0,924.

С целью получения регрессионного уравнения зависимости коэффициентов трения от данных параметров проведена статическая обработка с помощью программы Microsoft Excel: по оси x откладывались безразмерные значения температур,

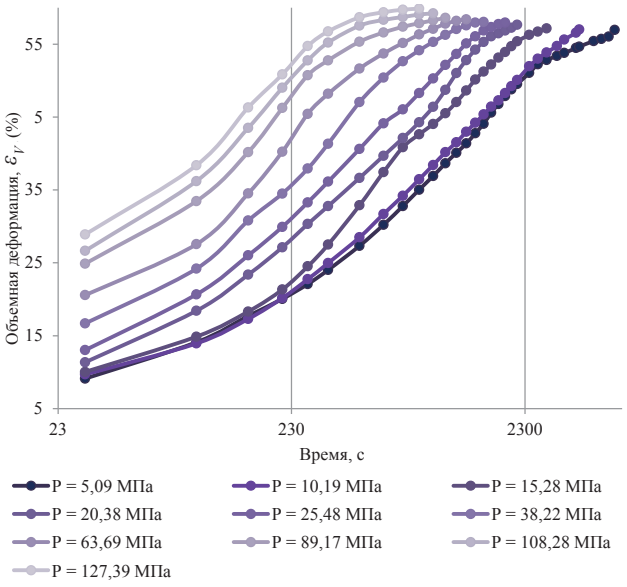


Рисунок 2. Зависимость изменения объема образца от времени деформирования при различных значениях давления и постоянном значении температуры t = 120 °C

Figure 2. Effect of the deformation period on the sample volume at various pressure values and a constant temperature t = 120 °C

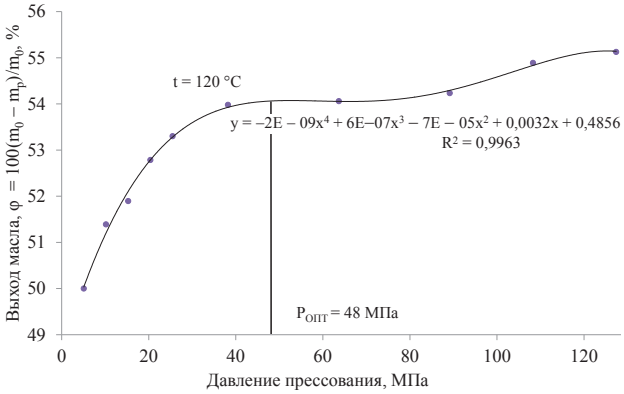


Рисунок 3. Зависимость выхода масла от давления прессования

Figure 3. Effect of pressure on the oil yield

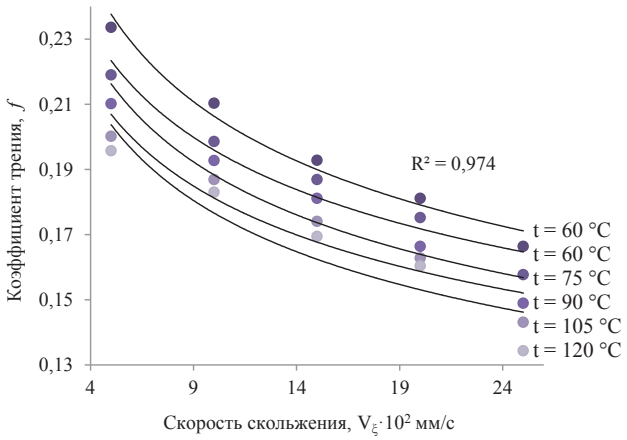


Рисунок 4. Типичные графики зависимости коэффициентов трения от скорости скольжения при P = 5,09 Мпа

Figure 4. Typical graphs of the dependence of the friction coefficients on the sliding speed at P = 5.09 MPa

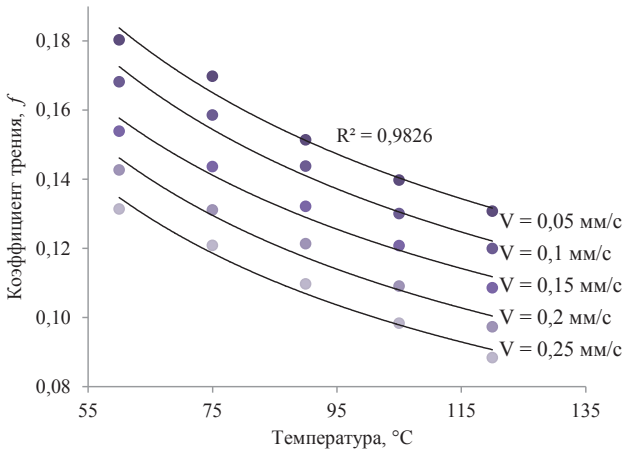


Рисунок 6. Типичные графики зависимости коэффициентов трения от температуры при P = 20,38 Мпа

Figure 6. Typical graphs of the dependence of the friction coefficients on temperature at P = 20.38 MPa

давлений и скоростей скольжения, использованные при проведении экспериментов. Полученные кривые описывались степенными функциями распределения.

Общее регрессионное уравнение описывалось следующей функцией:

$$f = K(\frac{v}{v_0})^{n_v} \cdot (\frac{P}{P_0})^{n_P} \cdot (\frac{T}{T_0})^{n_T} \quad (3)$$

где v, P, T – заданные значения давлений, скоростей скольжения и температуры;

v_0, P_0, T_0 – начальное значение давления, скорости скольжения и температуры;

K – общий коэффициент зависимости;

n_v – коэффициент зависимости скорости;

n_P – коэффициент зависимости давления;

n_T – коэффициент зависимости температуры.

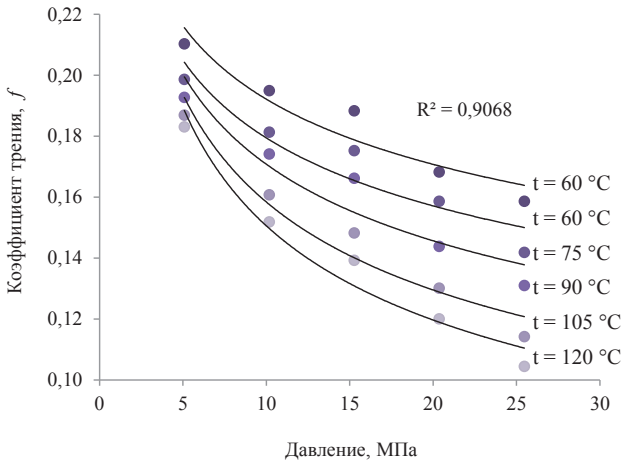


Рисунок 5. Типичные графики зависимости коэффициентов трения от давления при V = 0,1 мм/с

Figure 5. Typical graphs of the dependence of the friction coefficients on pressure at V = 0.1 mm/s

Неизвестные значения определяем по следующей методике.

При $P = P_0 = 5{,}09$ МПа и $t = t_0 = 60$ °C

$$f = K_v(\frac{v}{v_0})^{n_v} \quad (4)$$

Из уравнения регрессии определяем:

$K = K_v = 0{,}2377$, $n_v = -0{,}204$ и $R_v^2 = 0{,}974$.

При $v = v_0 = 0{,}05$ мм/с и $t = t_0 = 60$ °C

$$f = K(\frac{P}{P_0})^{n_P} \quad (5)$$

Из уравнения регрессии определяем:

$K = K_p = 0{,}2346$, $n_P = -0{,}1873$ и $R_P^2 = 0{,}9895$.

При $v = v_0 = 0{,}05$ мм/с и $P = P_0 = 5{,}09$ МПа

$$f = K(\frac{T}{T_0})^{n_T} \quad (6)$$

Из уравнения регрессии определяем:

$K = K_T = 0{,}233$, $n_T = -0{,}2587$ и $R_T^2 = 0{,}9951$.

Определяем:

Общий коэффициент зависимости

$$K = \frac{K_v + K_P + K_T}{3} = \frac{0{,}2377 + 0{,}2346 + 0{,}233}{3} = 0{,}2353 \quad (7)$$

Общий критерий достоверности аппроксимации R^2

$$R^2 = R_v^2 \cdot R_P^2 \cdot R_T^2 = 0{,}9951 \cdot 0{,}974 \cdot 0{,}9895 = 0{,}96 \quad (8)$$

Таким образом, общее регрессионное уравнение зависимости коэффициентов трения от давления, скорости скольжения и температуры представится следующим образом:

$$f = 0{,}2353(\frac{v}{v_0})^{-0{,}204}(\frac{P}{P_0})^{-0{,}1873}(\frac{T}{T_0})^{-0{,}2587} \quad (9)$$

Выводы

Из результатов эксперимента следует, что:

– время выдержки под давлением оказывает на выход масла более значимое влияние, чем величина давления прессования. Это обуславливается сложной капиллярной структурой мезги, оказывающей значительное гидродинамическое сопротивление оттоку масла;
– зависимость выхода масла от давления прессования описывается асимптотической функцией с предельным (асимптотическим) значением давления прессования 48 МПа, при котором выход масла достигает величины φ = 54 %.
– зависимость коэффициента трения от значений температуры, давления и скорости скольжения описывается регрессионным уравнением степенного типа с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0,96$.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству университета в доступе к научно-исследовательской лаборатории «Энергосберегающие технологии переработки сырья и материалов» Института механики и энергетики ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва» для получения экспериментальных данных.

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 university authorities for providing access to the Laboratory of Energy-Saving Technologies of Raw Materials Processing (Institute of Mechanics and Energy, National Research Ogarev Mordovia State University), without which it would have been impossible to obtain the experimental data.

Список литературы

1. Мачихин, Ю. А. Современное оборудование в обработке пищевых материалов давлением / Ю. А. Мачихин, Г. Г. Зурабишвили, С. Н. Панфилова. – М. : ВЗНИ, 1991. – 308 с.

2. Комплексная переработка семян масличных культур (теория, техника и технология) / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, И. В. Драган [и др.]. – Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2016. – 312 с.

3. Припоров, И. Е. Исследование технологического процесса прессования семян подсолнечника с получением жмыха / И. Е. Припоров // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 69. – С. 342–346.

4. Березин, М. А. Универсальная установка для определения реологических и физико-механических характеристик пищевых материалов / М. А. Березин, В. В. Кузнецов, В. Н. Водяков // Энергоресурсосберегающие технологии и системы в АПК : межвузовский сборник научных трудов / Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва. – Саранск, 2004. – С. 228–233.

5. Моделирование процесса отжима масличного сырья в форпрессе / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, Н. А. Михайлова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 9. – С. 5–9.

6. Василенко, В. Н. Исследование кинетических закономерностей процесса извлечения растительных масел в шнековом маслопрессе / В. Н. Василенко, М. В. Копылов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2012. – Т. 51, № 1. – С. 10–12.

7. Ресурсосберегающее оборудование нового поколения для переработки масличного сырья / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, Н. А. Михайлова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2019. – № 4. – С. 74–75.

8. Melt flow of biopolymer through the cavities of an extruder die: Mathematical modeling / A. N. Ostrikov, A. A. Ospanov, V. N. Vasilenko [et al.] // Mathematical Biosciences and Engineering. – 2019. – Vol. 16, № 4. – P. 2875–2905. DOI: https://doi.org/10.3934/mbe.2019142.

9. Математическое обеспечение процесса экструдирования аномально-вязких сред методами планирования эксперимента / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, А. А. Деркасова [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2018. – Т. 80, № 3 (77). – С. 37–42. DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-37-42.

10. Создание энергоэффективного оборудования для переработки масличного сырья / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, Н. А. Михайлова [и др.] // Вестник машиностроения. – 2017. – № 1. – С. 87–88.

11. Development of the mathematical model for the process of oil raw materials pressing / A. Kairbayeva, V. Vasilenko, S. Dzhinguilbayev [et al.] // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 12, № 6. – P. 7836–7842.

12. Фролова, Л. Н. Ресурсосберегающее оборудование для влаготепловой подготовки масличного сырья к прессованию / Л. Н. Фролова, В. Н. Василенко, Н. А. Михайлова // Вестник машиностроения. – 2016. – № 1. – С. 86–88.

13. Математическое моделирование процесса прессования масличного сырья / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, Н. А. Михайлова [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2016. – № 8. – С. 10–14.

14. Оценка термодинамической эффективности линии производства растительных масел с предварительной экструзионной обработкой сырья / В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, Н. А. Михайлова [и др.] // Вестник международной академии холода. – 2016. – № 3. – С. 37–42.

15. Анализ кинетических закономерностей процесса прессования семян рапса методом горячего прессования / В. Н. Василенко, М. В. Копылов, Е. А. Татаренков [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2014. – Т. 60, № 2. – С. 21–24.

16. Федоренко, И. Я. Моделирование ударного нагружения слоя кормового материала / И. Я. Федоренко, А. А. Смышляев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 127, № 5. – С. 136–141.

17. Растительные масла – функциональные продукты питания / И. В. Долголюк, Л. В. Терещук, М. А. Трубникова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – Т. 33, № 2. – С. 122–125.

18. Intensification of thermal and rheological processes in a scraped-surface apparatus / V. A. Aret, M. I. Kremenevskaya, A. Y. Krupoderov // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 2. – P. 342–349. DOI: http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-342-349.

19. Reasons for the ways of using oilcakes in food industry / M. S. Bochkarev, E. Y. Egorova, I. Y. Reznichenko [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 4–12. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-4-12.

20. Петров, И. А. Моделирование шнек-прессового отжима как совокупности процессов течения вязкой несжимаемой смеси и фильтрации жидкости сквозь пористую среду / И. А. Петров, Е. В. Славнов // Вычислительная механика сплошных сред. – 2013. – Т. 6, № 3. – С. 277–285. DOI: https://doi.org/10.7242/1999-6691/2013.6.3.31.

21. Evangelista, R. L. Oil extraction from lesquerella seeds by dry extrusion and expelling / R. L. Evangelista // Industrial Crops and Products. – 2009. – Vol. 29, № 1. – P. 189–196. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.024.

22. Slavnov, E. V. Method of determining the filtration properties of oil-bearing crops in the process of their pressing by the example of rape-oil extrusion / E. V. Slavnov, I. A. Petrov // Journal of Engineering Physics and Termophysics. – 2014. – Vol. 87, № 4. – P. 888–892. DOI: https://doi.org/10.1007/s10891-014-1085-2.

References

1. Machikhin YuA, Zurabishvili GG, Panfilova SN. Sovremennoe oborudovanie v obrabotke pishchevykh materialov davleniem [Modern equipment in the pressure processing of food materials]. Moscow: VZNI; 1991. 308 p. (In Russ.).

2. Vasilenko VN, Frolova LN, Dragan IV, Mikhaylova NA. Kompleksnaya pererabotka semyan maslichnykh kul′tur (teoriya, tekhnika i tekhnologiya) [Integrated processing of oilseeds (theory, technique, and technology)]. Voronezh: Voronezh State University of Engineering Technologies; 2016. 312 p. (In Russ.).

3. Priporov IE. Research of technological process of sunflower seeds pressing producing the cake. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Proceedings of the Kuban State Agrarian University]. 2017;(69):342–346. (In Russ.).

4. Berezin MA, Kuznetsov VV, Vodyakov VN. Universal′naya ustanovka dlya opredeleniya reologicheskikh i fiziko-mekhanicheskikh kharakteristik pishchevykh materialov [Universal installation for determining the rheological and physico-mechanical characteristics of food materials]. Ehnergoresursosberegayushchie tekhnologii i sistemy v APK: mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov [Energy-saving technologies and systems in the agricultural sector: interuniversity collection of scientific papers]; 2004; Saransk. Saransk: National Research Ogarev Mordovia State University; 2004. p. 228–233. (In Russ.).

5. Vasilenko VN, Frolova LN, Mikhailova NA, Rusina KYu, Slyusarev MI. Modeling of spin oilseeds in forepress. Storage and Processing of Farm Products. 2016;(9):5–9. (In Russ.).

6. Vasilenko VN, Kopylov MV. Investigation of kinetics of the extraction of vegetable oil in a screw oilpress. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2012;51(1):10–12. (In Russ.).

7. Vasilenko VN, Phrolova LN, Mikhaylova NA, Dragan IV, Tarkaeva DA. Resource-saving equipment of a new generation for processing of oily raw materials. Russian Engineering Research. 2019;(4):74–75. (In Russ.).

8. Ostrikov AN, Ospanov AA, Vasilenko VN, Muslimov NZh, Timurbekova AK, Jumabekova GB. Melt flow of biopolymer through the cavities of an extruder die: Mathematical modeling. Mathematical Biosciences and Engineering. 2019;16(4):2875–2905. DOI: https://doi.org/10.3934/mbe.2019142.

9. Vasilenko VN, Frolova LN, Derkanosova AA, Mikhailova NA, Shhepkina AA, Davydov AM. Software of the extrusion process abnormally viscous fluids methods of experiment planning. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2018;80(3)(77):37–42. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-3-37-42.

10. Vasilenko VN, Frolova LN, Mikhaylova NA, Rusina KYu, Tarkaeva DA. Development of energy efficient equipment for processing of oily raw material. Russian Engineering Research. 2017;(1):87–88. (In Russ.).

11. Kairbayeva A, Vasilenko V, Dzhinguilbayev S, Baibolova L, Frolova L. Development of the mathematical model for the process of oil raw materials pressing. Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017;12(6):7836–7842.

12. Frolova LN, Vasilenko VN, Mikhai'lova NA. Resource-saving equipment for wet-heat preparation of oily raw material at pressing. Russian Engineering Research. 2016;(1):86–88. (In Russ.).

13. Vasilenko VN, Frolova LN, Mikhailova NA, Tarkaeva DA, Slyusarev MI. Mathematical modeling of the compaction process oilseeds. Storage and Processing of Farm Products. 2016;(8):10–14. (In Russ.).

14. Vasilenko VN, Frolova LN, Mikhaylova NA, Derkanosova AA, Tarkayeva DA, Rusina KYu. Thermodynamic efficiency of vegetable oil production line with pre extrusion treatment of raw materials. Journal of International Academy of Refrigeration. 2016;(3):37–42. (In Russ.).

15. Vasilenko VN, Kopylov MV, Tatarenkov EA, Moshkina SV. The analysis of kinetic regularities of the process pressing rape seeds by hot pressing. Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2014;60(2):21–24. (In Russ.).

16. Fedorenko IYa, Smyshlyayev AA. Modeling of shock loading of feed material layer. Bulletin of Altai state agricultural university. 2015;127(5):136–141. (In Russ.).

17. Dolgoluk IV, Terechuk LV, Trubnikova MA, Starovojtova KV. Vegetable oils as functional foods. Food Processing: Techniques and Technology. 2014;33(2):122–125. (In Russ.).

18. Aret VA, Kremenevskaya MI, Krupoderov AY, Sosnina OA, Chibiryak VP, Sazonov VA. Intensification of thermal and rheological processes in a scraped-surface apparatus. Foods and Raw Materials. 2018;6(2):342–349. DOI: http://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-2-342-349.

19. Bochkarev MS, Egorova EY, Reznichenko IY, Poznyakovskiy VM. Reasons for the ways of using oilcakes in food industry. Foods and Raw Materials. 2016;4(1):4–12. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-1-4-12.

20. Petrov IA, Slavnov EV. Simulation of screw–press oil extraction as a set of two processes: incompressible viscous mixture flow and fluid filtration in porous medium. Computational Continuum Mechanics. 2013;6(3):277–285. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.7242/1999-6691/2013.6.3.31.

21. Evangelista RL. Oil extraction from lesquerella seeds by dry extrusion and expelling. Industrial Crops and Products. 2009;29(1):189–196. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.024.

22. Slavnov EV, Petrov IA. Method of determining the filtration properties of oil-bearing crops in the process of their pressing by the example of rape-oil extrusion. Journal of Engineering Physics and Termophysics. 2014;87(4):888–892. DOI: https://doi.org/10.1007/s10891-014-1085-2.

Сведения об авторах

Березин Михаил Александрович
канд. техн. наук, доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68, тел.: +7 (8342) 25-44-19, e-mail: berezin_ma@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0433-3019

Борисов Виталий Иванович
канд. техн. наук, доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», 430005, Россия, г. Саранск, ул. Большевистская, 68, тел.: +7 (8342) 25-44-19, e-mail: v.i.borisov22@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3264-0569

Information about the authors

Mikhail A. Berezin
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Processing of Agricultural Production, National Research Ogarev Mordovia State University, 68, Bolshevistskaya Str., Saransk, 430005, Russia, phone: +7 (8342) 25-44-19, e-mail: berezin_ma@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0433-3019

Vitaly I. Borisov
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Processing of Agricultural Production, National Research Ogarev Mordovia State University, 68, Bolshevistskaya Str., Saransk, 430005, Russia, phone: +7 (8342) 25-44-19, e-mail: v.i.borisov22@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-3264-0569

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-579-586
УДК 664.65.05

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Разработка смесительного агрегата для получения мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка

Д. М. Бородулин[1], Т. В. Зорина[1,*], Е. В. Невская[2], Д. В. Сухоруков[1], Д. К. Черкашина[1]

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

[2] *ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А*

**e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 16.09.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© Д. М. Бородулин, Т. В. Зорина, Е. В. Невская, Д. В. Сухоруков, Д. К. Черкашина, 2019

Аннотация.
Введение. Одним из перспективных направлений здорового питания является приготовление мучных сыпучих смесей для производства высокобелковых хлебобулочных изделий. Многокомпонентность смесей позволяет сбалансировать их состав и разрабатывать продукцию, оказывающую полезное всестороннее воздействие на организм человека и способствующую укреплению его защитных свойств. Поэтому целью представленной работы является разработка вибрационного смесителя непрерывного действия (СНД) для получения мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка заданного качества.
Методы и объекты исследования. Предложена новая конструкция вибрационного смесителя непрерывного действия, проведены его опытно-промышленные испытания в составе технологической линии производства мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка. Испытания включали в себя обработку на холостом ходу; проверку работоспособности под нагрузкой; определение качества получаемой мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка, также проведены замеры уровней вибрации и шума. Биологическую ценность определили по результатам аминокислотного анализа образцов.
Результаты и их обсуждение. Испытания показали, что на новой конструкции смесительного агрегата среднее значение коэффициента неоднородности составило V_c = 6,86 %, что говорит о высоком качестве получаемых мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка. Аминокислотный анализ показал, что в образце хлеба из смоделированной смеси содержание незаменимых аминокислот (454,6 мг/1 г белка) выросло, по сравнению с контрольным образцом (341,5 мг/1 г белка), на 33 %.
Выводы. Разработка смесительного агрегата вибрационного типа является актуальной задачей, так как он позволяет получать мучные смеси заданного качества при соотношении смешиваемых компонентов 1:60, а также характеризуется простотой конструкции и высокой степенью надежности.

Ключевые слова. Питание, хлеб, белок, процесс смесеприготовления, смеситель, биологическая ценность, аминокислоты

Финансирование. Работа выполнена на базе Федерального государственного автономного научного учреждения «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», г. Москва.

Для цитирования: Разработка смесительного агрегата для получения мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка / Д. М. Бородулин, Т. В. Зорина, Е. В. Невская [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 579–586. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-579-586.

Original article

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

Mixing Unit for Production of Flour Baking Mixes with High Protein Content

D.M. Borodulin[1], T.V. Zorina[1,*], E.V. Nevskaya[2], D.V. Sukhorukov[1], D.K. Cherkashina[1]

[1] *Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia*

Received: September 16, 2019
Accepted: November 15, 2019

[2] Scientific Research Institute for the Baking Industry,
26A, Bol'shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia

*e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru

© D.M. Borodulin, T.V. Zorina, E.V. Nevskaya, D.V. Sukhorukov, D.K. Cherkashina, 2019

Abstract.
Introduction. Semi-finished products help food industry enterprises to meet the population's need for high-quality and nutritious foods. Popular semi-products are loose mixes enriched with vitamins, minerals, and biologically active substances. The world is currently experiencing a shortage of food protein, and its deficiency is likely to continue in the coming decades. Therefore, loose high-protein baking mixes are one of the promising directions of healthy nutrition industry. Multicomponency of such mixes makes it possible to balance their composition and develop products that have a useful comprehensive effect on the human body and strengthen protective functions.
Study objects and methods. In order to ensure a balanced composition of mixes and high-quality food production, the authors propose a new design of a continuous action vibration mixer. Experimental and industrial tests were carried out as part of a technological line for production of baking mixes with increased protein content. Trials included idling and serviceability check under load, quality tests of the obtained high-protein baking mix, as well as vibration and noise level tests. The tests provided the following rational operation parameters: amplitude of vibration A = 0.0045 m; angle of vibration β = 45°; frequency of vibration f = 33.33 Hz; number of revolutions n = 4; diameter of perforations d = 0.007 m. Biological value was determined according to the results of amino-acid analysis.
Results and discussion. The new mixing unit had the average value of the non-uniformity coefficient V_c = 6.86%, which indicated the high quality of the obtained high-protein baking mixes. The biological value of the finished food product showed a higher nutritional value than in the control sample.
Conclusions. The new vibration type mixing unit made it possible to obtain baking mixes of specified quality at the ratio of mixed components 1:60. This simple but reliable device had relatively low material and energy costs.

Keywords. Food mix, bread, protein, mix preparation process, mixer, biological value, amino acids

Funding. The research was funded by the Federal State Autonomous Scientific Institution 'Scientific Research Institute for the Baking Industry', Moscow.

For citation: Borodulin DM, Zorina TV, Nevskaya EV, Sukhorukov DV, Cherkashina DK. Mixing Unit for Production of Flour Baking Mixes with High Protein Content. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):579–586. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-579-586.

Введение

Одной из проблем современного мира являются значительные нарушения в структуре питания и дефицит жизненно важных нутриентов. Приоритетная роль питания в поддержании здоровья населения закреплена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 апреля 2012 г. № 559-р и в Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 г., где поднят вопрос о более полном удовлетворении потребности населения в биологически полноценной и конкурентоспособной отечественной продукции.

Белки являются главным компонентом пищевого рациона и определяют характер питания в целом. Сегодня в мире существует дефицит пищевого белка. Недостаток его в ближайшие десятилетия, вероятно, сохранится. На каждого жителя Земли приходится около 60 г белка в сутки при норме 75 г. По данным Института питания РАМН, начиная с 1992 г., в России потребление белковых продуктов снизилось на 25–35 % и увеличилось потребление углеводсодержащей пищи (картофеля, хлебопродуктов, макаронных изделий) [1–5].

Для приготовления качественных однородных сыпучих мучных композиций необходимо использовать специализированное смесительное оборудование. На данный момент существует огромное разнообразие видов и конструкций смесителей. Для производства хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка предложено использовать аппарат вибрационного типа, так как он, по сравнению с другими видами оборудования, позволяет получать мучные смеси заданного качества при соотношении смешиваемых компонентов 1:60, характеризуется относительно низкими материало- и энергозатратами, простотой конструкции и высокой степенью надежности [6–9]. Целью представленной работы является разработка вибрационного смесителя непрерывного действия (СНД) для получения мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка заданного качества.

Объекты и методы исследования

В лаборатории кафедры технологического проектирования пищевых производств Кемеровского государственного университета был разработан вибрационный СНД для получения сыпучих смесей [10].

Таблица 1. Рецептура мучной хлебопекарной смеси сповышенным содержанием белка

Table 1. Formulation of high protein baking mix

Наименование сырья	Расход сырья, кг
Мука пшеничная хлебопекарная первого сорта	83,7
Соль пищевая	1,3
Сахар белый	1,6
Кунжутная мука	4,2
Изолят сывороточного белка	4,2
Изолят соевого белка	4,2
Клейковина сухая	0,8
Итого:	100,0

Объектом исследования являлась смоделированная в центре технологий, биохимических и микробиологических исследований ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности» мучная хлебопекарная смесь с высоким содержанием белка, рецептура которой приведена в таблице 1 [11–15].

Рецептура и режим приготовления теста хлебобулочных изделий из мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка приведены в таблице 2.

При проведении исследования выявлено, что существенное влияние на производительность смесителя оказывает скорость вибротранспортирования смеси по рабочему органу аппарата. Скорость вибротранспортирования зависит от угла β, амплитуды A и частоты f вибрации, а также от наличия перфорации на рабочем органе вибрационного смесителя.

Руководствуясь следующей методикой, была определена производительность смесительного агрегата:

1. определяли среднюю длину пути перемещения компонентов мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу смесительного агрегата по следующей формуле:

$$l_{\text{ср}i} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (D_{\text{н}} + D_{\text{вн}})}{4 \cdot \cos \gamma} \quad (1)$$

где $l_{\text{ср}i}$ – средняя длина пути, м;

$D_{\text{н}}$ – наружный диаметр рабочего органа, м;

$D_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр рабочего органа, м;

γ – угол наклона винтового рабочего органа;

2. устанавливали рациональные параметры работы смесительного агрегата и выводили его на стационарный режим;

3. вносили частицу-индикатор (подкрашенная крупица пищевой соли) в поток мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка и замеряли время её прохождения по рабочему органу смесительного агрегата;

4. определяли скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси с повышенным

Таблица 2. Рецептура и режим приготовления теста хлебобулочных изделий из мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка

Table 2. Formulation and mode of preparation of dough from the high protein baking mix

Наименование сырья	Расход сырья (в кг)
Мучная хлебопекарная смесь с высоким содержанием белка	100,0
Дрожжи хлебопекарные прессованные	2,0
Масло подсолнечное рафинированное дезодорированное	1,7
Вода	55,0
Влажность, %	42,0
Температура начальная, °С	27–30
Продолжительность брожения, мин	60
Кислотность теста конечная, град	4,0

содержанием белка по рабочему органу смесительного агрегата по формуле:

$$v_{\text{ср}_i} = \frac{l_{\text{ср}_i}}{t_{\text{л}_i}} \quad (2)$$

где $v_{\text{ср}_i}$ – скорость вибротранспортирования мучной хлебопекарной смеси по рабочему органу смесительного агрегата, м/с;

$t_{\text{л}_i}$ – время прохождения частицы-индикатора по рабочему органу смесительного агрегата, с;

5. определяли площадь поверхности рабочего органасмесительного агрегата по формуле:

$$S = l \cdot b \cdot h \quad (3)$$

где S – площадь поверхности рабочего органа смесительного агрегата, м^2;

l – длина рабочего органа смесительного агрегата, м;

b – ширина рабочего органа смесительного агрегата, м;

h – высота рабочего органа смесительного агрегата, м;

6. определяли производительность смесительного агрегата по формуле:

$$Q = v_{\text{ср}_i} \cdot S \quad (4)$$

где Q – производительность смесительного агрегата, кг/ч.

Анализ наблюдений показал, что чем больше амплитуда A и частота f вибрации, тем выше производительность. Рациональные технологические параметры работы вибрационного смесителя были определены в результате проведения полнофакторного эксперимента с применением регрессионного анализа (амплитуда вибрации A = 0,0045 м, угол вибрации β = 45°, частота вибрации f = 33,33 Гц, количество витков рабочего органа n = 4, диаметр отверстий перфорации d = 0,007 м) [16, 17].

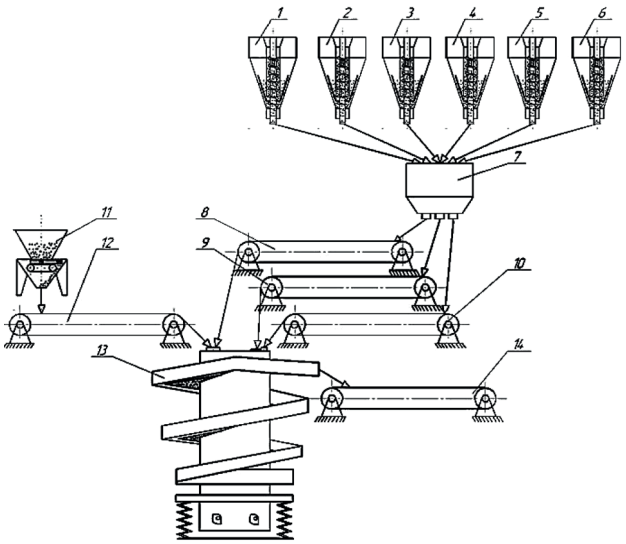


Рисунок 1. Технологическая схема производства мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка: 1 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи муки пшеничной хлебопекарной первого сорта; 2 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи сахара белого; 3 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи кунжутной муки; 4 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи изолята сывороточного белка; 5 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи изолята соевого белка; 6 – шнековый дозатор VeltecoDOS для подачи клейковины сухой; 7 – объемный дозатор VeltecoDOS для подачи фонового компонента; 8, 9, 10 – ленточные конвейеры для подачи фонового компонента; 11 – порционный дозатор для подачи ключевого компонента (соль); 12 – ленточный конвейер для подачи ключевого компонента; 13 – вибрационный СНД; 14 – ленточный конвейер для выхода готового продукта

Figure 1. Process chart for the production of the high protein baking mix: 1 – VeltecoDOS screw feeder for first grade wheat flour; 2 – VeltecoDOS screw feeder for white sugar; 3 – VeltecoDOS screw feeder for sesame flour; 4 – VeltecoDOS screw feeder for whey protein isolate; 5 – VeltecoDOS screw feeder for soy protein isolate; 6 – VeltecoDOS screw feeder for dry gluten; 7 – VeltecoDOS volumetric feeder for background component; 8, 9, 10 – belt conveyors for feeding the background component; 11 – portioned feeder for the key component (salt); 12 – belt conveyor for the key component; 13 – vibration CM; 14 – belt conveyor for the output of the finished product

Были проведены опытно-промышленные испытания предложенного вибрационного аппарата в составе технологической линии производства мучных хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка на базе ФГАНУ НИИХП (г. Москва):
– обработка на холостом ходу для определения нормальной работы смесительного агрегата в целом;
– проверка работоспособности под нагрузкой;
– определение качества получаемой мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка;
– замеры уровней вибрации и шума.

Качество смешивания определялось при помощи коэффициента неоднородности V_c по ключевому компоненту (соль пищевая), концентрацию которого определяли химическим методом – титрованием [18–20]. Схема технологической линии изображена на рисунке 1.

Определяли биологическую ценность по результатам аминокислотного анализа образцов хлебопекарной смеси

Сырье соответствовало требованиям действующей нормативной документации, гигиеническим требованиям ГСЭН РФ к качеству и безопасности сырья и пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01[1]). Подготовка сырья к производству осуществлялась в соответствии с действующими «Инструкцией по предупреждению попадания посторонних предметов в продукцию» и СП 2.3.4.3258-15 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям по производству хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий»[2].

Результаты и их обсуждение

При исследовании работы вибрационного смесителя непрерывного действия на холостом ходу в течение 2 часов установлено:
– средства электроснабжения работали без отказов (автотрансформатор).
– уровень шума и вибрации находились в пределах установленных норм безопасности ГОСТ 12.1.003-83.

Производительность смесителя при испытании составила 200 кг/ч.

Полученные результаты коэффициента неоднородности ключевого компонента не превышали 10 %. Среднее значение составило 6,86 %, что является правомочным для признания хорошего качества полученной мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка.

Рецептура мучной хлебопекарной смеси предусматривает компоненты с высоким содержанием белка, поэтому был проведен анализ его содержания в белом хлебе, изготовленном по ГОСТ 28808-90, и хлебе, полученном из разработанной смеси. В результате анализа приготовленного хлеба массовая доля белка в испеченном образце из мучной хлебопекарной смеси составила 10,16 %. Это свидетельствует о высоком содержании белка в продукте. При учете пищевой ценности любого продукта, особенно продукта такой первостепенной важности, как хлеб, необходимо учитывать не только общее содержание в нем белка, но также и его качественный состав, т. е. содержание в белке незаменимых аминокислот.

Аминокислоты в организме человека в функциональном отношении тесно связаны с пептидами,

[1] СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 18 с.

[2] СП 2.3.4.3258-15. Санитарно-эпидемиологические требования к организациям по производству хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий. – М. : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2015. – 30 с.

Таблица 3. Аминокислотный состав контрольного хлеба

Table 3. Amino acid composition of the control bread sample

Наименование аминокислот	Эталон белка по ФАО/ВОЗ, мг/1 г белка	Хлеб пшеничный из муки в/с, мг/1 г белка	Аминокислотный скор, %
Изолейцин	40,0	42,5	106,2
Лейцин	70,0	77,9	111,3
Валин	50,0	46,1	92,2
Лизин	55,0	26,5	48,2
Метионин + цистин	35,0	34,0	97,1
Фенилаланин + тирозин	60,0	73,6	122,7
Треонин	40,0	31,1	77,7
Триптофан	10,0	9,8	98,0
Сумма незаменимых аминокислот (НАК)	360,0	341,5	

Таблица 4. Аминокислотный состав хлеба из мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка

Table 4. Amino acid composition of bread from the high protein baking mix

Наименование аминокислот	Эталон белка по ФАО/ВОЗ, мг/1 г белка	Хлеб из мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка, мг/1 г белка	Аминокислотный скор, %
Изолейцин	40,0	62,0	155,0
Лейцин	70,0	108,3	154,7
Валин	50,0	62,0	124,0
Лизин	55,0	46,2	84,0
Метионин + цистин	35,0	24,6	70,3
Фенилаланин + тирозин	60,0	85,6	142,7
Треонин	40,0	50,2	125,5
Триптофан	10,0	15,7	157,0
Сумма НАК	360,0	454,6	

обладающими гормональной активностью, анальгетическим эффектом, регулирующими пищеварительные процессы, тонус сосудов и артериальное давление, осуществляющих регулирование аппетита, принимающими участие в регулировании высшей нервной деятельности и в работе иммунной системы. Незаменимые аминокислоты не синтезируются в организме человека, но необходимы для нормальной жизнедеятельности человека. Отсутствие даже одной из них ведет к отрицательному азотистому балансу, нарушению пищеварения, развитию жировой дистрофии печени и другим нарушениям, которые несовместимы с жизнью. Незаменимыми аминокислотами являются валин, лейцин, изолейцин, лизин, треонин, метионин, фенилаланин, триптофан. Все эти аминокислоты человек получает только с пищей. Для нормального питания необходимо определенное количество незаменимых и заменимых аминокислот. Незаменимые аминокислоты в сумме (с учетом также цистина и тирозина) должны составлять примерно 36 % от суммы аминокислот в питании взрослых.

Для определения качественного состава белка в продукте изучили биологическую ценность пробных партий хлеба из предлагаемой мучной смеси. При определении биологической ценности в качестве контрольного образца был взят хлеб, приготовленный из муки высшего сорта без добавок. Аминокислотный состав контрольного хлеба и хлеба из мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка представлены в таблицах 3 и 4.

Сравнительный аминокислотный анализ представлен на рисунке 2.

По сравнению с контрольным образцом в хлебе, приготовленном из мучной хлебопекарной смеси,

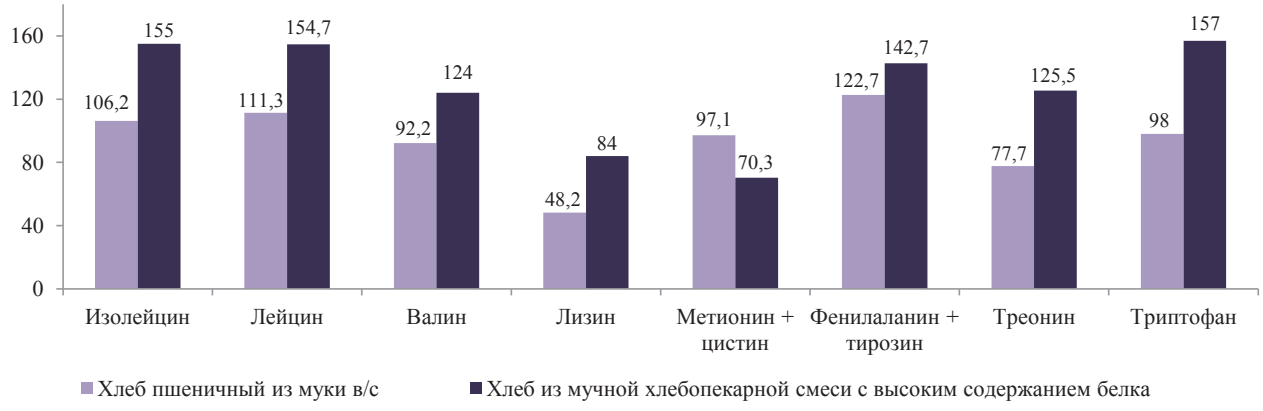


Рисунок 2. Сравнительный аминокислотный анализ

Figure 2. Comparative amino acid analysis

аминокислотный скор изолейцина увеличился на 46,0 %, лейцина – на 39,0 %, валина – на 34,0 %, лизина – на 74 %, фенилаланина + тирозина – на 16,0 %. Лимитирующими аминокислотами в хлебе пшеничном из муки высшего сорта являются валин, лизин, метионин + цистин, треонин и триптофан. Лимитирующими аминокислотами в хлебе с высоким содержанием белка являются лизин и метионин + цистин.

Выводы

Для получения высококачественной мучной хлебопекарной смеси с высоким содержанием белка разработана конструкция вибрационного СНД. С целью определения его работоспособности и безопасности проведены опытно-промышленные испытания в составе технологической линии производства мучных высокобелковых хлебопекарных смесей на базе ФГАНУ «Научно-исследовательского института хлебопекарной промышленности» (г. Москва). Испытания показали, что конструкция и основные технологические параметры работы вибрационного СНД обеспечивают получение качественной мучной хлебопекарной смеси с повышенным содержанием белка.

В результате проведенных исследований на предложенной конструкции вибрационного смесителя, входящего в состав смесительного агрегата, получили 2 образца хлеба. Аминокислотный анализ этих образцов показал, что в образце хлеба из предложенной мучной хлебопекарной смеси содержание незаменимых аминокислот (454,6 мг/1 г белка) выросло, по сравнению с контрольным образцом (341,5 мг/1 г белка), на 33 %. Это свидетельствует о повышении биологической ценности продукта.

Критерии авторства

Д. М. Бородулин руководил проектом, корректировал статью до подачи в редакцию. Т. В. Зорина написала рукопись. Е. В. Невская консультировала в ходе исследования, корректировал статью до подачи в редакцию. Д. В. Сухоруков проводил экспериментальные исследования, корректировал статью до подачи в редакцию. Д. К. Черкашина проводила экспериментальные исследования.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

D.M. Borodulin managed the project and proofread the text before submission. T.V. Zorina wrote the manuscript. E.V. Nevskaya was the project consultant and proofread the article. D.V. Sukhorukov conducted the experimental research and proofread the article. D.K. Cherkashin conducted 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. Ловкис, З. В. Здоровье нации в здоровом питании / З. В. Ловкис Е. П. Франко // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2014. – Т. 24, № 2. – С. 3–8.

2. Герасименко, Н. Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни / Н. Ф. Герасименко, В. М. Позняковский, Н. Г. Челнакова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – Т. 12, № 4. – С. 52–57.

3. Богатырев, А. Н. Натуральные продукты питания – здоровье нации / А. Н. Богатырев, Н. С. Пряничникова, И. А. Макеева // Пищевая промышленность. – 2017. – № 8. – С. 26–29.

4. Роль основных минеральных веществ в питании детей / Л. М. Панасенко, Т. В. Карцева, Ж. В. Нефедова [и др.] // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 122–127. DOI: https://doi.org/10.21508/1027-4065-2018-63-1-122-127.

5. Могильный, М. П. Роль функциональных свойств белков в специальных видах питания / М. П. Могильный // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2009. – Т. 307, № 1. – С. 51–54.

6. Уваров, В. А. Анализ оборудования непрерывного действия для смешивания сухих многокомпонентных смесей / В. А. Уваров, Т. Н. Орехова, В. В. Краснов // Научный альманах. – 2016. – Т. 24, № 10–3. – С. 313–315. DOI: https://doi.org/10.17117/na.2016.10.03.313.

7. Орехова, Т. Н. Современные технические средства, применяемые для смешения сухих многокомпонентных смесей / Т. Н. Орехова, В. А. Уваров, В. В. Краснов // Научный альманах. – 2016. – Т. 24, № 10–3. – С. 232–235. DOI: https://doi.org/10.17117/na.2016.10.03.232.

8. Власова, О. В. Обзор и анализ вибрационных устройств для смешивания сыпучих кормов / О. В. Власова, Н. В. Гучева // Молодой исследователь Дона. – 2017. – Т. 8, № 5. – С. 30–36.

9. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers / V. N. Ivanets, D. M. Borodulin, A. B. Shushpannikov [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 62–69. DOI: https://doi.org/10.12737/11239.

10. Патент 2626415C1, Российская Федерация, B01F 3/18, B01F11/00. Вибрационный смеситель / Шушпанников А. Б., Зорина Т. В., Шушпанников Е. А., Шушпанникова А. С.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)» – № 2016149970; заявл. 19.12.2016; опубл. 27.07.2017; Бюл. № 21.

11. Колмаков, Ю. В. Хлеб из композитных мучных смесей / Ю. В. Колмаков, Л. А. Зелова, И. В. Пахотина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 126, № 4. – С. 133–136.

12. Колмаков, Ю. В. Мучные кондитерские изделия повышенной белковости / Ю. В. Колмаков, Л. А. Зелова, И. В. Пахотина // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 103, № 4. – С. 45–47.

13. О перспективах использования муки из пшена при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / И. М. Русина, А. Ф. Макарчиков, К. Ю. Чекан [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2014. – Т. 24, № 2. – С. 39–45.

14. Хатко, З. Н. Хлебопекарные дрожжи: характеристика и способы их активации / З. Н. Хатко, А. А. Стойкина // Новые технологии. – 2016. – № 2. – С. 39–44.

15. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products / E. V. Nevskaya, D. M. Borodulin, V. L. Potekha [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2018. – Vol. 6, № 1. – P. 99–109. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109.

16. Определение ключевых параметров работы вибрационного смесителя при получении мучных хлебопекарных смесей / Д. М. Бородулин, Т. В. Зорина, В. Н. Иванец [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 1. – С. 77–83. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-77-84.

17. Шилов, А. В. Выбор рациональных параметров процесса приготовления мучных композитных смесей / А. В. Шилов, Д. В. Сухоруков, И. А. Бакин // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Т. 19, № 4. – С. 72–76.

18. Евсеев, А. В. Новый критерий оценки качества смесей сыпучих материалов / А. В. Евсеев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – № 11–1. – С. 139–147.

19. Метод определения коэффициента неоднородности смеси при взаимодействии разреженных потоков / А. Е. Лебедев, А. И. Зайцев, А. Б. Петров [и др.] // Известия высших учебных заведений. Серия: химия и химическая технология. – 2012. – Т. 55, № 11. – С. 119–121.

20. Методы анализа смесей сыпучих материалов / И. Н. Шубин, Н. С. Потемкин, Т. В. Гурова [и др.] // Ученые записки Тамбовского отделения РоСМУ. – 2014. – № 2. – С. 283–287.

References

1. Lovkis ZV, Franko EP. Nation health in a healthy food. Food Industry: Science and Technology. 2014;24(2):3–8. (In Russ.).

2. Gerasimenko NF, Poznyakovskiy VM, Chelnokova NG. Healthy eating and its role in ensuring the quality of life. Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food. 2016;12(4):52–57. (In Russ.).

3. Bogatyrev AN, Pryanichnikova NS, Makeeva IA. Natural food – health of the nation. Food Industry. 2017;(8):26–29. (In Russ.).

4. Panasenko LM, Kartseva TV, Nefedova ZhV, Zadorina-Khutornaya EV. Role of the main mineral substances in the child nutrition. Russian Bulletin of perinatology and pediatrics. 2018;63(1):122–127. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21508/1027-4065-2018-63-1-122-127.

5. Mogilnyi MP. Significance of proteins functional properties in special kinds of diet. News institutes of higher Education. Food technology. 2009;307(1):51–54. (In Russ.).

6. Uvarov VA, Orehova TN, Krasnov VV. Analysis of continuous mixing equipment dry multicomponent mixtures. Science Almanac. 2016;24(10–3):313–315. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17117/na.2016.10.03.313.

7. Orehova TN, Uvarov VA, Krasnov VV. Modern technical equipment used for the mixing of dry multicomponent mixtures. Science Almanac. 2016;24(10–3):232–235. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17117/na.2016.10.03.232.

8. Vlasova OV, Gucheva NV. Review and analysis of vibration devices for loose food mixing. Young Don Researcher. 2017;8(5):30–36. (In Russ.).

9. Ivanets VN, Borodulin DM, Shushpannikov AB, Sukhorukov DV. Intensification of bulk material mixing in new designs of drum, vibratory and centrifugal mixers. Foods and Raw Materials. 2015;3(1):62–69. DOI: https://doi.org/10.12737/11239.

10. Shushpannikov AB, Zorina TV, Shushpannikov EA, Shushpannikova AS. Vibration mixer. Russia patent RU 2626415C1. 2016.

11. Kolmakov YuV, Zelova LA, Pakhotina IV. Bread baked of composite flour mixes. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2015;126(4):133–136. (In Russ.).

12. Kolmakov YuV, Zelova LA, Pakhotina IV. Wads with the enhanced protein content. Bulletin of KSAU. 2015;103(4):45–47. (In Russ.).

13. Rusina IM, Makarchikov AF, Trotskaya TP, Chekan KYu. Prospects of millet flour use for bread and flour confectionery production. Food Industry: Science and Technology. 2014;24(2):39–45. (In Russ.).

14. Khatko ZN, Stoykina AA. Bakery yeast: characteristics and methods for its activation. New Technologies. 2016;(2):39–44. (In Russ.).

15. Nevskaya EV, Borodulin DM, Potekha VL, Nevskiy AA, Lobasenko BA, Shulbaeva MT. Development of integrated technology and assortment of long-life rye-wheat bakery products. Foods and Raw Materials. 2018;6(1):99–109. DOI: https://doi.org/10.21603/2308-4057-2018-1-99-109.

16. Borodulin DM, Zorina TV, Ivanets VN, Nevskaya EV, Turina OE, Borisova AE. Key operation parameters of the vibration mixer in the production of flour baking mixes. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(1):77–83. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-77-84.

17. Shilov AV, Sukhorukov DV, Bakin IA. Choice of rational parameters of flour composite mixes preparation. Food Processing: Techniques and Technology. 2010;19(4):72–76. (In Russ.).

18. Evseev AV. A new criterion of quality assessment of bulk materials mixtures. Izvestiya Tula State University. 2015;(11–1):139–147. (In Russ.).

19. Lebedev AE, Zayitsev AI, Petrov AA, Kapranova AB. Determination method of coefficient of heterogeneity of mixture at interaction of rarefied flows. Russian Journal of Chemistry and Chemical Technology. 2012;55(11):119–121. (In Russ.).

20. Shubin IN, Potemkin NS, Gurova TV, Kondratiev VYu. Methods of analysis mixture of bulk materials. Scientific notes of the Tambov branch of the RUYS. 2014;(2):283–287. (In Russ.).

Сведения об авторах

Бородулин Дмитрий Михайлович
д-р. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: borodulin_dmitri@list.ru
https://orcid.org/0000-0003-3035-0354

Зорина Татьяна Владимировна
аспирант кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (908) 941-82-58, e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0521-0950

Невская Екатерина Владимировна
канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной промышленности», 107553, Россия, г. Москва, ул. Большая Черкизовская, 26А, тел.: +7 (916) 701-94-92, e-mail: katerinarose@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5310-3412

Сухоруков Дмитрий Викторович
канд. техн. наук, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (950) 272-59-94, e-mail: pioner_dias@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7995-3813

Черкашина Диана Константиновна
магистрант Института инженерных технологий, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (961) 720-96-60, e-mail: dianka.cherkashina.97@mail.ru

Information about the authors

Dmitry M. Borodulin
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Head of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-80, e-mail: borodulin_dmitri@list.ru
https://orcid.org/0000-0003-3035-0354

Tatyana V. Zorina
Postgraduate Student of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (908) 941-82-58, e-mail: tanya.kaznacheeva.92@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0521-0950

Ekaterina V. Nevskaya
Cand.Sci.(Eng.), Leading Researcher, Scientific Research Institute for the Baking Industry, 26A, Bol′shaya Cherkizovskaya Str., Moscow, 107553, Russia, phone: +7 (916) 701-94-92, e-mail: katerinarose@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-5310-3412

Dmitrij V. Sukhorukov
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (950) 272-59-94, e-mail: pioner_dias@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-7995-3813

Diana K. Cherkashina
Undergraduate of the Institute of Engineering Technologies, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (961) 720-96-60, e-mail: dianka.cherkashina.97@mail.ru

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-587-593
Оригинальная статья
УДК 637.1:664
http://fptt.ru/

Совершенствование технологии переработки молочного сырья с использованием мембранных аппаратов нового типа

Б. А. Лобасенко, Р. В. Котляров, Е. К. Сазонова*, Е. А. Вагайцева, А. В. Скоморохов

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

**e-mail: ketsn.kem@gmail.com*

Дата поступления в редакцию: 24.10.2019
Дата принятия в печать: 29.11.2019

© Б. А. Лобасенко, Р. В. Котляров, Е. К. Сазонова, Е. А. Вагайцева, А. В. Скоморохов, 2019

Аннотация.
Введение. Целью работы является совершенствование технологии концентрирования молочного сырья на мембранных установках, укомплектованных аппаратами с отводом поляризационного слоя. Одним из путей повышения производительности различных процессов мембранной переработки растворов является осуществление рециркуляции растворов в мембранной установке. Математическое моделирование установок позволяет сократить затраты времени на проектирование и подбор оптимальных конструктивных и режимных параметров, в связи с чем разработка математических моделей мембранного оборудования является актуальной задачей.
Объекты и методы исследования. Объектом исследования является установка на базе мембранного аппарата с отводом примембранного слоя. Отличительной особенностью аппаратов является наличие трех отдельных выходящих потоков: пермеата, ядра потока ретентата и более концентрированного потока из примембранной области (концентрата). Для совершенствования процесса разработана математическая модель на основе метода передаточных функций, позволяющих описать поведение динамической системы практически любой структуры и сложности.
Результаты и их обсуждение. По результатам моделирования установлено, что для интенсификации концентрирования целесообразно производить рециркуляцию отводимого концентрата. Показано, что эффективным способом повышения интенсивности мембранного концентрирования в установках с аппаратами, отводящими примембранный слой, может быть рециркуляция части потока концентрата с передачей его в основной питающий поток. Рециркуляция части потока ретентата не является эффективной с точки зрения повышения концентрации конечного продукта. Однако она может быть использована для более полного извлечения целевого компонента. Этот аспект совершенствования технологии должен быть предметом дальнейших исследований.
Выводы. Предложена технология улучшения концентрированного молочного сырья, которая имеет практическое значение.

Ключевые слова. Мембранное концентрирование, отвод пограничного слоя, рециркуляция, передаточные функции

Для цитирования: Совершенствование технологии переработки молочного сырья с использованием мембранных аппаратов нового типа / Б. А. Лобасенко, Р. В. Котляров, Е. К. Сазонова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 587–593. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-587-593.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Improvement of Low-Waste Technology of Dairy Raw Material Processing Using New Type Membrane Equipment

B.A. Lobasenko, R.V. Kotlyarov, E.K. Sazonova*, E.A. Vagaytseva, A.V. Skomorokov

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

**e-mail: ketsn.kem@gmail.com*

Received: October 24, 2019
Accepted: November 29, 2019

© B.A. Lobasenko, R.V. Kotlyarov, E.K. Sazonova, E.A. Vagaytseva, A.V. Skomorokov, 2019

Abstract.
Introduction. Rational use of dairy raw materials is important for the national economy. The research objective was to improve the

existing technologies of milk raw material processing using new type membrane equipment with polarization layer diversion. The process was mathematically simulated according to the theory of automatic control and transfer functions.
Study objects and methods. The study featured a new installation constructed on the basis of a membrane device with membrane layer diversion. The new equipment can serve as a basis for a novel low-waste and non-waste technology. Unlike traditional membrane apparatus, this one has three flows: a more concentrated polarization layer (concentrate), a core layer of retentat, and a layer of permeat. The mathematical model of the process can describe the behavior of any dynamic system of almost any structure and complexity.
Results and its discussion. The simulation showed that recycling of the diverted concentrate can intensify the concentration. To increase the intensity of membrane concentration in such installations, partial recirculation of the concentrate flow can be recommended, with its subsequent transfer to the main flow. Partial recycling of the retentate flow did not prove effective, as it did no increase the concentration of the final product. However, it can be used for a more complete extraction of the target component. This aspect requires further research.
Conclusions. The paper introduces a new technology that improves the concentration of milk raw materials and possesses practical importance.

Keywords. Membrane concentration, diversion of upper flow, recycling, transfer functions

For citation: Lobasenko BA, Kotlyarov RV, Sazonova EK, Vagaytseva EA, Skomorokov AV. Improvement of Low-Waste Technology of Dairy Raw Material Processing Using New Type Membrane Equipment. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):587–593. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-587-593.

Введение

Одним из приоритетных направлений развития отрасли переработки сельскохозяйственного сырья сегодня является создание экологичных мало- и безотходных технологий. Кроме решения задач разумного природопользования, данные технологии позволяют уменьшить расходы предприятий на очистку и утилизацию отходов производства, а также снизить себестоимость продукции за счет более полной переработки поступающего сырья.

Также актуальной является разработка новых рецептур продуктов питания, обогащенных легкоусваиваемыми белками. Одним из решений поставленной задачи является широкое применение концентратов молочных и сывороточных белков в хлебопекарной, мясной и молочной промышленности [1, 2].

Перечисленные задачи могут быть решены применением мембранных технологий, которые позволяют не только наиболее полно выделять высокомолекулярные вещества (белки) из молочного сырья, но и реализуют это без их денатурации [3–5].

Одним из путей повышения производительности различных процессов мембранной переработки растворов является осуществление рециркуляции растворов в мембранной установке [6–11]. Рециркуляция пермеата применяется для ослабления концентрационной поляризации в мембранных каналах, рециркуляция ретентата – для более полного извлечения сухих веществ [6–8, 10]. Однако во всех случаях рециркуляция производится в установках на базе мембранных аппаратов традиционной конструкции. Ранее [5, 12] был предложен способ повышения эффективности мембранного концентрирования молочного сырья за счет отдельного отвода примембранной части потока раствора, который из-за концентрационной поляризации дополнительно обогащен растворенными веществами. Дополнительное повышение эффективности концентрирования может быть достигнуто благодаря рециркуляции какого-либо потока в установке. Математическое моделирование установок позволяет сократить затраты времени на проектирование и подбор оптимальных конструктивных и режимных параметров, в связи с чем разработка математических моделей мембранного оборудования является актуальной задачей.

Целью представленной работы является анализ возможностей повышения эффективности мембранного концентрирования в аппаратах с отводом примембранного слоя за счет рециркуляции рабочих растворов.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является установка на базе мембранного аппарата с отводом примембранного слоя. Схема аппарата представлена на рисунке 1. Основой является трубчатая мембрана, на выходе из которой имеется устройство, позволяющее отделять пристенную часть потока от ядра потока в центральной части канала мембраны. Конструкции отводящих устройств подробно описаны в [5].

Таким образом, в аппарате образуются три потока – пермеат, отделенный примембранный слой и ядро. Поток из примембранной зоны

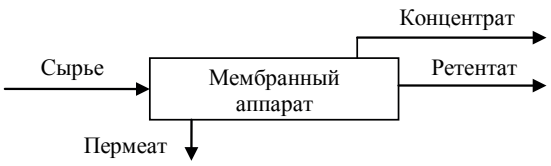


Рисунок 1. Схема разделения потоков в аппарате мембранного концентрирования

Figure 1. Flow separation scheme in a membrane concentration device

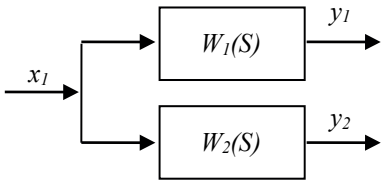


Рисунок 2. Структурная схема мембранного аппарата

Figure 2. Block diagram of the membrane device

включает жидкость из образующегося у поверхности мембраны концентрационного пограничного (поляризационного) слоя, в котором за счет концентрационной поляризации возникает повышенная концентрация задерживаемых веществ. Далее этот поток будем называть «концентратом», тогда как за ядром потока, выводимым на выходе из центральной части канала, сохраним традиционное наименование – «ретентат».

Анализ методов построения математических моделей позволяет сделать вывод о том, что одним из универсальных методов моделирования сложных динамических систем является использование аппарата передаточных функций, которые позволяют описывать динамические свойства системы практически любой структуры и сложности [13–21].

Рассмотрим односекционный мембранный аппарат с отводом поляризационного слоя (или одну ступень многосекционного аппарата). В общем случае структурная схема представлена на рисунке 2.

Для схемы приняты следующие обозначения:

x_1 – сигнал исходной концентрации (или концентрации раствора, подаваемого в мембранный аппарат), % масс.;

y_1 – сигнал, характеризующий изменение концентрации в отводимом поляризационном слое (концентрате), % масс.;

y_2 – сигнал, характеризующий изменение концентрации в ретентате, % масс.;

$W_1(S)$ – передаточная функция по каналу «входной поток – концентрат»;

$W_2(S)$ – передаточная функция по каналу «входной поток – ретентат».

Целевым продуктом процесса является белок, содержащийся в наибольшем количестве в концентрате и в меньшем – в ретентате, тогда как его содержанием в пермеате можно пренебречь. Также в аппаратах данного типа нет смысла производить рециркуляцию пермеата. Это связано с тем, что рециркуляция пермеата приводит к снижению концентрационной поляризации, в то время как концентрирование раствора в исследуемом аппарате использует поляризацию как явление, повышающее эффективность процесса [6, 7]. Поэтому канал отвода пермеата здесь не рассматривается.

В общем случае передаточные функции могут быть записаны в виде:

$$\begin{cases} W_1(S) = k_1 \\ W_2(S) = k_2 \end{cases} \quad (1)$$

где k_1 и k_2 могут быть получены для определенных значений технологических (скорость, давление, температура), конструктивных (конструкция аппарата (турбулизирующие вставки и другие элементы), площадь мембран) и режимных (соотношение расходов концентрата и ретентата) параметров.

Коэффициенты $k_1 \geq 1$ и $k_2 \geq 1$ зависят от концентрации исходного раствора, поступающего в мембранный аппарат. Чем выше концентрация, тем ниже k_1 и k_2 выше. Это обусловлено образованием на мембране слоя отложений белкового геля, который является барьером для отвода пермеата. При отсутствии потока пермеата поляризация отсутствует, концентрация в сечении канала выравнивается и оказывается одинаковой в ретентате и концентрате. Таким образом, при концентрации исходного потока, близкой к точке гелеобразования $k_1 \geq 1$ и $k_2 \geq 1$, значительно снижается эффективность процесса концентрирования и мембрана нуждается в регенерации.

Рассмотрим случай рециркуляции ретентата. Структурная схема установки представлена на рисунке 3.

Здесь $W_{oc2}(S)$ – передаточная функция по каналу обратной связи (по рециркуляции).

$$W_{oc2}(S) = k_{oc2},\ k_{oc2} \in [0;1] \quad (2)$$

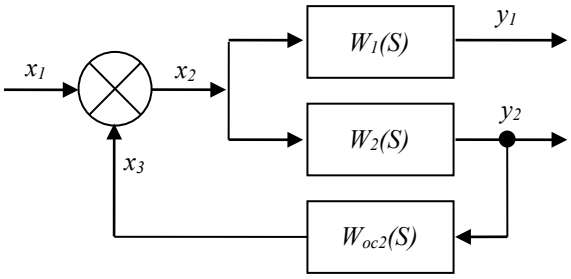


Рисунок 3. Структурная схема процесса

Figure 3. Structural diagram of the process

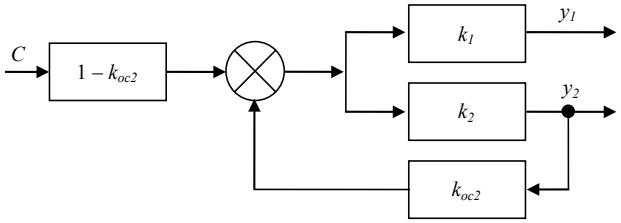


Рисунок 4. Структурная схема процесса

Figure 4. Block diagram of the process

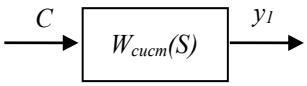


Рисунок 5. Преобразованная структурная схема процесса

Figure 5. Transformed process flow chart

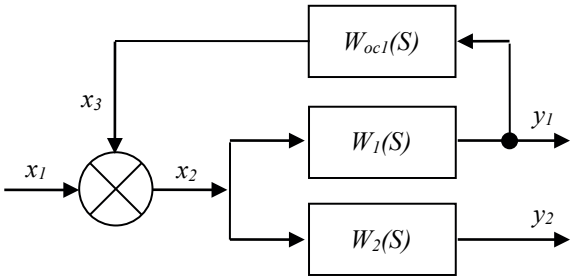


Рисунок 6. Исходная структурная схема процесса с рециркуляцией концентрата

Figure 6. Initial block diagram of the process with concentrate recycling

Основные сигналы:

$$\begin{cases} y_1 = x_2 W_1 \\ y_2 = x_2 W_2 \\ x_1 = c(1 - k_{oc2}) \\ x_2 = x_1 + x_3 \\ x_3 = y_2 W_{oc2} \end{cases} \quad (3)$$

где C – концентрация исходного раствора, поступающего в аппарат, % масс.

Структурную схему можем изобразить иначе (рис. 4).

Поскольку аппарат односекционный и целевым потоком является концентрат y_1, то после структурного преобразования схема примет вид, представленный на рисунке 5.

Передаточная функция системы представляет собой отношение выходного и входного сигналов системы. Поэтому справедливо следующее выражение:

$$W_{\text{сист}}(S) = \frac{k_1(1-k_{\text{oc2}})}{1-k_2 k_{\text{oc2}}} = \frac{y_1}{c} \quad (4)$$

Исходя из выражения (5), записан сигнал, характеризующий изменение концентрации в отво-

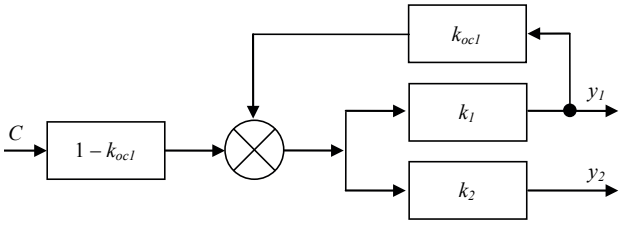


Рисунок 7. Преобразованная структурная схема процесса с рециркуляцией концентрата

Figure 7. Improved structural block diagram of the process with concentrate recycling

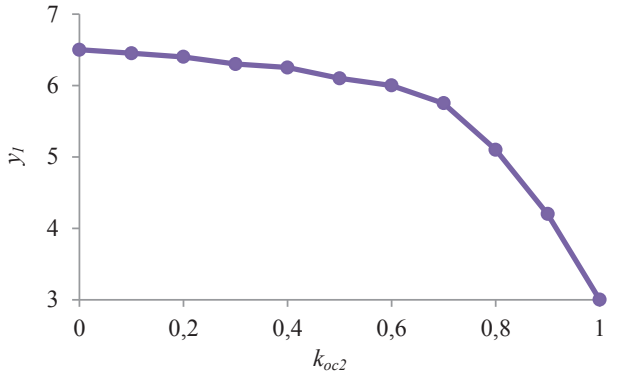


Рисунок 8. Зависимость концентрации от коэффициента k_{oc2}

Figure 8. Effect of coefficient k_{oc2} on the concentration

димом поляризационном слое (концентрате):

$$y_1 = \frac{k_1(1-k_{\text{oc2}})}{1-k_2 k_{\text{oc2}}} c \quad (5)$$

Исходя из требования максимизации выходной концентрации y_1, получаем задачу оптимизации:

$$y_1 \to max, \text{ т. е. } \frac{k_1(1-k_{\text{oc2}})}{1-k_2 k_{\text{oc2}}} \text{C} \to max \quad (6)$$

Рассмотрим теперь установку с рециркуляцией концентрата. Структурная схема для этого случая представлена на рисунке 6.

Здесь $W_{oc1}(S)$ – передаточная функция по каналу обратной связи:

$$W_{oc1}(S) = k_{oc1}, \; k_{oc1} \in [0;1] \quad (7)$$

Преобразованная структурная схема представлена на рисунке 7.

Аналогично предыдущему случаю запишем передаточную функцию системы:

$$W_{\text{сист}}(S) = \frac{k_1(1-k_{\text{oc1}})}{1-k_2 k_{\text{oc1}}} = \frac{y_1}{\text{C}} \quad (8)$$

$$y_1 = \frac{k_1(1-k_{oc1})}{1-k_{oc1}k_1} \text{C} \to max \quad (9)$$

Результаты и их обсуждение

Наглядно данные зависимости (6) представлены на рисунке 8.

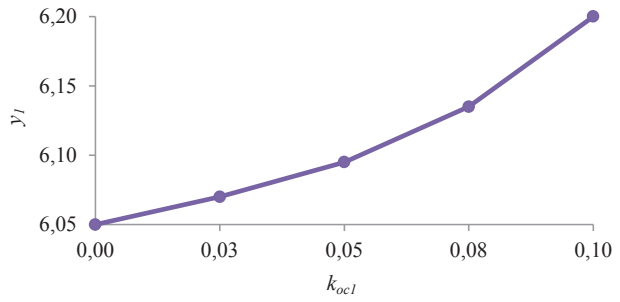


Рисунок 9. Зависимость концентрации концентрата от коэффициента k_{oc1}

Figure 9. Effect of coefficient k_{oc1} on the concentration of the concentrate

Концентрация убывает при увеличении коэффициента рециркуляции. Отсюда следует, что рециркуляция ретентата является неэффективной.

Зависимость (9) сигнала, характеризующего изменение концентрации в отводимом концентрате, от коэффициента k_{oc1} показана на рисунке 9.

Наблюдается повышение концентрации за счет рециркуляции концентрата. Заметим, что значение ограничено соотношением расходов концентрата и ретентата. Значение k_{oc1} составляет $1/10 \div 1/20$ потока, поступающего на вход аппарата. Отвод на рецикл большего количества концентрата снижает выход конечного продукта.

Выводы

На основе полученных данных можно сделать вывод, что эффективным способом повышения интенсивности мембранного концентрирования в установках с аппаратами, отводящими примембранный слой, может быть рециркуляция части потока концентрата с передачей его в основной питающий поток.

Рециркуляция части потока ретентата не является эффективной с точки зрения повышения концентрации конечного продукта. Однако она может быть использована для более полного извлечения целевого компонента. Этот аспект совершенствования технологии должен быть предметом дальнейших исследований.

Критерии авторства

Б. А. Лобасенко руководил исследованием. Р. В. Котляров разработал концепцию исследования и математическую модель. Е. К. Сазонова, Е. А. Вагайцева, А. В. Скоморохов анализировали и интерпретировали полученные результаты. Все авторы принимали существенное участие в написании, доработке и утверждении конечного варианта текста статьи и несут ответственность за все аспекты работы и гарантируют соответствующее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью всех частей работы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

B.A. Lobasenko supervised the research. R.V. Kotlyarov developed the research concept and the mathematical model. E.K. Sazonova, E.A. Vagaytseva, and A.V. Skomorokov analyzed and interpreted the results. All the authors contributed to writing and improving the final version of the manuscript, which makes them responsible for all aspects of the work. The authors guarantee appropriate consideration and resolution of all possible issues related to the accuracy and integrity the work.

Conflicts of interest

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

Список литературы

1. Храмцов, А. Г. Феномен молочной сыворотки / А. Г. Храмцов. – СПб. : Профессия, 2011. – 802 с.

2. Основополагающие принципы высокоэффективного производства функциональных молочных продуктов / В. И. Трухачев, В. В. Молочников, Т. А. Орлова [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. – 2016. – Т. 23, № 3. – С. 52–56.

3. Справочник по переработке молочной сыворотки. Технологии, процессы и аппараты, мембранное оборудование / Г. Б. Гаврилов, А. Ю. Просеков, Э. Ф. Кравченко [и др.]. – СПб. : Профессия, 2015. – 176 с.

4. Ultrafiltration of modified milk whey / S. P. Babenyshev, V. E. Zhidkov, D. S. Mamay [et al.] // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 101–110. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-101-110.

5. Лобасенко, Б. А. Ультрафильтрация: Теория и практика / Б. А. Лобасенко, А. Г. Семенов, Ю. Н. Захаров. – Новосибирск : Наука, 2015. – 204 с.

6. Ochando-Pulido, J. M. The effect of permeate recirculation on the depuration of pretreated olive mill wastewater through reverse osmosis membranes / J. M. Ochando-Pulido, S. Rodriguez-Vives, A. Martinez-Ferez // Desalination. – 2012. – Vol. 286. – P. 145–154. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.10.041.

7. Ochando-Pulido, J. M. Permeate recirculation impact on concentration polarization and fouling on RO purification of olive mill wastewater / J. M. Ochando-Pulido, G. Hodaifa, A. Martinez-Ferez // Desalination. – 2014. – Vol. 343. – P. 169–179. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.03.025.

8. Patent 7946431B1 United States, BOID 71/02, BOID 71/06, BOID 71/52, BOID 71/56, BOID 61/OO. Ultrafiltration process / Pinnau I., Ng A., Ly J., Mairal A. P.; current Assignee Membrane Technology and Research Inc. – № 12/833.311; filed: 09.07.2010; publication: 05.05.2011.

9. Mericq, J.-P. Evaluation of systems coupling vacuum membrane distillation and solar energy for seawater desalination / J.-P. Mericq, S. Laborie, C. Cabassud // Chemical Engineering Journal. – 2011. – Vol. 166, № 2. – P. 596–606. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.11.030.

10. Impacts of NF concentrate recirculation on membrane performance in an integrated MBR and NF membrane process for wastewater treatment / C. Kappel, A. J. B. Kemperman, H. Temmink [et al.] // Journal of Membrane Science. – 2014. – Vol. 453. – P. 359–368. DOI: https://doi.org/10.1016/j.memsci.2013.11.023.

11. Pouliot, Y. Separation and concentration technologies in food processing / Y. Pouliot, V. Conway, P.-L. Leclerc // Food processing: principles and applications / S. Clark, S. Jung, B. Lamsal. – Oxford : John Wiley & Sons Ltd., 2014. – P. 33–60. DOI: https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch3.

12. Lobasenko, B. A. Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer / B. A. Lobasenko, A. G. Semenov // Foods and Raw Materials. – 2013. – Vol. 1, № 1. – P. 74–81. DOI: https://doi.org/10.12737/1560.

13. Tajiri, M. Design of two-channel bilateral control systems by a transfer-function-based approach / M. Tajiri, P. Lopez, Y. Fujimoto // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2018. – Vol. 65, № 7. – P. 5655–5664. DOI: https://doi.org/10.1109/TIE.2017.2750621.

14. Veloni, A. Digital control systems: theoretical problems and simulation tools / A. Veloni, N. I. Miridakis. – Boca Raton : CRC Press, 2018. – 435 p.

15. Guiver, C. Transfer functions of infinite-dimensional systems: positive realness and stabilization / C. Guiver, H. Logemann, M. R. Opmeer // Mathematics of Control Signals and Systems. – 2017. – Vol. 29, № 4. DOI https://doi.org/10.1007/s00498-017-0203-z.

16. Abbas, A. Model predictive control of a reverse osmosis desalination unit / A. Abbas // Desalination. – 2016. – Vol. 194, № 1–3. – P. 268–280. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.10.033.

17. Senthilmurugan, S. Modeling of a spiral-wound module and estimation of model parameters using numerical techniques / S. Senthilmurugan, A. Ahluwalia, S. K. Gupta // Desalination. – 2005. – Vol. 173, № 3. – P. 269–286. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.08.034.

18. Won, C.-H. Evaluation of optimal reuse system for hydrofluoric acid wastewater / C.-H. Won, J. Choi, J. Chung // Journal of Hazardous Materials. – 2012. – Vol. 239–240. – P. 110–117. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.08.004.

19. Sobana, S. Identification, modelling and control of continuous reverse osmosis desalination system: A review / S. Sobana, R. C. Panda // Separation Science and Technology. – 2011. – Vol. 46, № 4. – P. 551–560. DOI: https://doi.org/10.1080/01496395.2010.534526.

20. Defeating the sustainability challenge in batch processes through low-cost utilities usage reduction / F. Rossi, F. Manenti, K. A. Kozin [et al.] // Chemical Engineering Transactions. – 2014. – Vol. 39. – P. 697–702. DOI: https://doi.org/10.3303/CET1439117.

21. Bartman, A. R. Nonlinear model-based control of an experimental reverse-osmosis water desalination system / A. R. Bartman, P. D. Christofides, Y. Cohen // Industrial and Engineering Chemistry Research. – 2009. – Vol. 48, № 13. – P. 6126–6136. DOI: https://doi.org/10.1021/ie900322x.

References

1. Khramtsov AG. Fenomen molochnoy syvorotki [Milk whey phenomenon]. St. Petersburg: Professiya; 2011. 802 p. (In Russ.).

2. Trukhachev VI, Molochnikov VV, Orlova TA, Khramtsov AG. The main principles of high effective manufacturing of functional milk products. Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2016;23(3):52–56. (In Russ.).

3. Gavrilov GB, Prosekov AYu, Kravchenko EhF, Gavrilov BG. Spravochnik po pererabotke molochnoy syvorotki. Tekhnologii, protsessy i apparaty, membrannoe oborudovanie [Handbook of whey processing. Technologies, processes and devices, membrane equipment]. St. Petersburg: Professiya; 2015. 176 p. (In Russ.).

4. Babenyshev SP, Zhidkov VE, Mamay DS, Utkin VP, Shapakov NA. Ultrafiltration of modified milk whey. Foods and Raw Materials. 2016;4(2):101–110. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-101-110.

5. Lobasenko BA, Semenov AG, Zakharov YuN. Ul′trafil′tratsiya: Teoriya i praktika [Ultrafiltration: Theory and Practice]. Novosibirsk: Nauka; 2015. 204 p. (In Russ.).

6. Ochando-Pulido JM, Rodriguez-Vives S, Martinez-Ferez A. The effect of permeate recirculation on the depuration of pretreated olive mill wastewater through reverse osmosis membranes. Desalination. 2012;286:145–154. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.10.041.

7. Ochando-Pulido JM, Hodaifa G, Martinez-Ferez A. Permeate recirculation impact on concentration polarization and fouling on RO purification of olive mill wastewater. Desalination. 2014;343:169–179. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.03.025.

8. Pinnau I, Ng A, Ly J, Mairal AP. Ultrafiltration process. US Patent 7946431B1, 2011.

9. Mericq J-P, Laborie S, Cabassud C. Evaluation of systems coupling vacuum membrane distillation and solar energy for seawater desalination. Chemical Engineering Journal. 2011;166(2):596–606. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.11.030.

10. Kappel C, Kemperman AJB, Temmink H, Zwijnenburg A, Rijnaarts HHM, Nijmeijer K. Impacts of NF concentrate recirculation on membrane performance in an integrated MBR and NF membrane process for wastewater treatment. Journal of Membrane Science. 2014;453:359–368. DOI: https://doi.org/10.1016/j.memsci.2013.11.023.

11. Pouliot Y, Conway V, Leclerc P-L. Separation and concentration technologies in food processing. In: Clark S, Jung S, Lamsal B, editors. Food processing: principles and applications. Oxford: John Wiley & Sons Ltd.; 2014. pp. 33–60. DOI: https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch3.

12. Lobasenko BA, Semenov AG. Intensification of ultrafiltration concentrating by the separation of the concentration boundary layer. Foods and Raw Materials. 2013;1(1):74–81. DOI: https://doi.org/10.12737/1560.

13. Tajiri M, Lopez P, Fujimoto Y. Design of two-channel bilateral control systems by a transfer-function-based approach. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2018;65(7):5655–5664. DOI: https://doi.org/10.1109/TIE.2017.2750621.

14. Veloni A, Miridakis NI. Digital control systems: theoretical problems and simulation tools. Boca Raton: CRC Press; 2018. 435 p.

15. Guiver C, Logemann H, Opmeer MR. Transfer functions of infinite-dimensional systems: positive realness and stabilization. Mathematics of Control Signals and Systems. 2017;29(4). DOI https://doi.org/10.1007/s00498-017-0203-z.

16. Abbas A. Model predictive control of a reverse osmosis desalination unit. Desalination. 2016;194(1–3):268–280. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2005.10.033.

17. Senthilmurugan S, Ahluwalia A, Gupta SK. Modeling of a spiral-wound module and estimation of model parameters using numerical techniques. Desalination. 2005;173(3):269–286. DOI: https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.08.034.

18. Won C-H, Choi J, Chung J. Evaluation of optimal reuse system for hydrofluoric acid wastewater. Journal of Hazardous Materials. 2012;239–240:110–117. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.08.004.

19. Sobana S, Panda RC. Identification, modelling and control of continuous reverse osmosis desalination system: A review. Separation Science and Technology. 2011;46(4):551–560. DOI: https://doi.org/10.1080/01496395.2010.534526.

20. Rossi F, Manenti F, Kozin KA, Goryunov AG. Defeating the sustainability challenge in batch processes through low-cost utilities usage reduction. Chemical Engineering Transactions. 2014;39:697–702. DOI: https://doi.org/10.3303/CET1439117.

21. Bartman AR, Christofides PD, Cohen Y. Nonlinear model-based control of an experimental reverse-osmosis water desalination system. Industrial and Engineering Chemistry Research. 2009;48(13):6126–6136. DOI: https://doi.org/10.1021/ie900322x.

Сведения об авторах

Лобасенко Борис Анатольевич
д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-37, e-mail: tppp@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0003-0245-7904

Котляров Роман Витальевич
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: asu@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0002-4152-8149

Сазонова Екатерина Константиновна
ассистент 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: asu@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0002-1320-9255

Вагайцева Елена Алексеевна
канд. техн. наук, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 39-68-68, e-mail: vagaitseva@mail.ru

Скоморохов Александр Владимирович
студент кафедры автоматизации производственных процессов и автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6

Information about the authors

Boris A. Lobasenko
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Technological Design of Food Productions, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-37, e-mail: tppp@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0003-0245-7904

Roman V. Kotlyarov
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Automation of Manufacturing Processes and Computer-Aided Control Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-35, e-mail: asu@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0002-4152-8149

Ekaterina K. Sazonova
Assistant of the Department of Automation of Manufacturing Processes and Computer-Aided Control Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-35, e-mail: asu@kemsu.ru
https://orcid.org/0000-0002-1320-9255

Elena A. Vagaitseva
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-68, e-mail: vagaitseva@mail.ru

Aleksandr V. Skomorohov
Student of the Department of Automation of Manufacturing Processes and Computer-Aided Control Systems, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-594-603
УДК 667.472.6:631.867.4

Оригинальная статья
http://fptt.ru/

Исследование конвективно-радиационной сушки вспененного желатинового бульона из отходов переработки рыбы

А. В. Макаров[1], Ю. А. Максименко[1,*], Э. П. Дяченко[2]

[1] ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16

[2] Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», 140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верея

**e-mail: amxs1@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 28.03.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© А. В. Макаров, Ю. А. Максименко, Э. П. Дяченко, 2019

Аннотация.
Введение. Учитывая структурно-механические и пеноструктурные свойства желатинового бульона, перспективным направлением совершенствования процесса получения сухого желатина является предварительное вспенивание продукта и применение инфракрасного (радиационного) энергоподвода в процессе его обезвоживания.
Объекты и методы исследования. Для оценки эффективности предлагаемого метода сушки проведены сравнительные исследования кинетики и интенсивности конвективной и конвективно-радиационной пеносушки желатинизированного желатинового бульона, приготовленного из отходов разделки рыбы.
Результаты и их обсуждение. Разработан способ конвективно-радиационной пеносушки желатинового бульона. Определены рациональные режимы процесса, при которых достигается максимальный удельный выход сухого желатина 0,998 кг/(м^2·ч), в том числе: начальная концентрация сухих веществ в продукте C = 0,24 кг/кг; температура T = 292–295 К, влажность W = 50–60 % и скорость сушильного агента v = 4–5 м/с; начальный диаметр штранга пены $d_н$ = 0,004 м; плотность теплового потока, падающего с одной стороны штранга E = 2,45 кВт/м^2, длина волны инфракрасных излучателей λ = 1,01–1,11 мкм. Получены зависимости удельного выхода сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности сушильного аппарата в единицу времени от основных влияющих на процесс сушки факторов. Установлено, что введение радиационного энергоподвода в процесс конвективной пеносушки желатина при рациональных режимах практически в три раза увеличивает удельную производительность процесса. Получены функциональные зависимости скорости сушки штранг вспененного желатинового бульона от концентрации сухих веществ в продукте (С, кг/кг) для рассмотренных режимов реализации процесса. По результатам анализа тепломассопереноса при конвективно-радиационной пеносушке желатинизированного бульона установлено, что характер изменения скорости сушки продукта типичен для большинства биополимеров.
Выводы. Результаты применимы при проектировании сушильной техники для получения сухого желатина и подобных ему по комплексу свойств продуктов.

Ключевые слова. Коллаген, гель, инфракрасное излучение, пенослой, воздух, кинетика, штранг, стержень пены, тепломассообмен, сушка

Для цитирования: Макаров, А. В. Исследование конвективно-радиационной сушки вспененного желатинового бульона из отходов переработки рыбы / А. В. Макаров, Ю. А. Максименко, Э. П. Дяченко // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 594–603. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-594-603.

Original article

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

Convective-Radiation Drying of Foamed Gelatin Fish Broth

A.V. Makarov[1], Yu.A. Maksimenko[1,*], E.P. Dyachenko[2]

[1] Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia

[2] All-Russia Horticulture Research Institute –

Received: March 28, 2019
Accepted: November 15, 2019

a branch of Federal horticulture Science Center,
Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia

*e-mail: amxs1@yandex.ru

© A.V. Makarov, Yu.A. Maksimenko, E.P. Dyachenko, 2019

Abstract.
Introduction. The mechanical characteristics of foam gelatin broth make it a promising material for studying the process of obtaining dry gelatin. The preliminary foaming of the product and the use of infrared (radiation) energy supply during its dehydration can significantly improve the process.
Study objects and methods. The research featured gelatinized gelatin broth prepared from fish wastes. The efficiency of the proposed drying method was assessed by comparative studies of the kinetics and intensity of convective and convective-radiation foam drying. Specific productivity of the process was selected as evaluation criterion.
Results and discussion. The paper introduces a method of convective radiation foam drying of gelatinized fish broth. A set of experiments made it possible to define the optimal process conditions with the maximum yield of dry gelatin, i.e. 0.998 kg/(m^2·h): initial concentration of solids in the product C = 0.24 kg/kg; temperature T = 292–295 K, humidity W = 50–60%; the speed of the drying agent v = 4–5 m/s; the initial diameter of the foam rod d_l = 0,004 m; the density of the heat flux incident on one side of the rod E = 2.45 kW/m^2; the wavelength of infrared emitters λ = 1.01–1.11 microns. The research revealed the effect of the main factors influencing the drying process on the approximating dependences of the specific yield of dry gelatin from a unit area of the working surface per unit of time. The introduction of radiation energy supply into the process of convective foam drying of gelatinized broth under rational conditions was three times as high as the specific productivity of the process. An analysis of the kinetics of convective and convective-radiation drying helped to obtain some functional dependences of the drying speed of the foamed gelatin broth extrusions from the concentration of dry substances in the product for the considered process conditions. An analysis of heat and mass transfer during convective-radiation foam drying was performed using the velocity curves. The nature of the change in the drying rate of the product proved typical of most biopolymers.
Conclusion. The results obtained are applicable in the calculations of the productivity of drying equipment in dry gelatin production and other products with similar complex properties.

Keywords. Collagen, gel, infrared radiation, foam layer, air, kinetics, strang, foam rod, heat and mass transfer, drying

For citation: Makarov AV, Maksimenko YuA, Dyachenko EP. Convective-Radiation Drying of Foamed Gelatin Fish Broth. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):594–603. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-594-603.

Введение

Желатин на сегодняшний день остается одним из наиболее востребованных в различных отраслях промышленности коллагенов. Основную долю на отечественном рынке желатина занимает импортная продукция. Для создания и развития новых производств желатина необходимы разработка и внедрение научно обоснованных ресурсо- и энергосберегающих технических решений, позволяющих исключить зависимость существующих технологий производства желатина от сырья. Таким образом, совершенствование технологических процессов производства желатина на основе отходов рыбопереработки является актуальной научно-технической задачей, решение которой позволит усовершенствовать существующие и создать новые промышленные производства желатина из нетрадиционного коллагенсодержащего сырья.

Сушка – заключительная стадия производства сухого желатина, характеризующаяся сравнительно высокой энергоемкостью и определяющая качество сухого продукта. Традиционно желатиновый бульон сушат в желатинизированном состоянии в форме слоя (пластин или прядей) на рабочей поверхности сушилки при конвективном энергоподводе с применением комбинированных режимов сушки, а также распылительной сушки [1–4]. Однако длительность процесса конвективной сушки может достигать нескольких суток, что, наряду с использованием воздуха в качестве сушильного агента, существенно увеличивает риски порчи продукта и накладывает ряд технологических ограничений на процесс. Принимая во внимание данный факт, интенсификация процесса сушки желатинового бульона, в том числе посредством внедрения новых подходов к его реализации, является актуальным направлением исследований.

Объекты и методы исследования

Учитывая структурно-механические и пенос-труктурные характеристики желатинового бульона, в том числе из отходов переработки, перспективным направлением совершенствования процесса получения сухого желатина является радиационная сушка во вспененном состоянии [5–12]. Вспенивание исходного продукта при соблюдении условий стабильности пенослоя существенно интенсифицирует процесс за счет увеличения поверхности тепломассообмена. При этом уменьшается адгезия продукта к рабочей поверхности сушилки, улучшается съем сухого продукта, сокращается интенсивность засорения сушилок, а

также энергозатраты на дробление сухого желатина [9–13]. Объемный радиационный энергоподвод, в сравнении с традиционными методами, также обладает рядом преимуществ, способствующих энерго- и ресурсосбережению, упрощению аппаратурного оформления процесса [9, 10, 14–17]. Например:

– обеззараживание продукта, в частности воздействие на продукт радиационным излучением, позволяет снизить микробную обсемененность продукта;
– наиболее равномерный прогрев продукта, что обусловливается выделением тепла в объеме высушиваемого материала;
– практически абсолютный расход подведенной к объекту сушки энергии на его нагрев ввиду отсутствия тепловых потерь;
– сравнительная простота конструкции и малая металлоемкость сушильных аппаратов;
– сравнительно низкие удельные энергозатраты.

Результаты и их обсуждение

В результате предварительных исследований конвективно-радиационной сушки пеностоя желатинового студня с влажностью 75 % и толщиной 4 мм на алюминиевой полированной подложке установлено, что облучаемая и омываемая воздухом поверхность образца стеклуется в начале процесса, преобразуясь в материал, трудно подвергающийся механическому разрушению. При этом сердцевина и контактирующая с подложкой поверхность образца оставались влажными. Сердцевина на 20–40 минутах сушки оставалась жидкой, а контактирующая с подложкой поверхность упругой. При продолжении процесса между подложкой и образцом образовывался конденсат. Влага скапливалась в месте наименьшего сопротивления – на поверхности контакта образца с подложкой. Примечательно, что при сушке синтетического ПАВ (сульфонола) в сердцевине пеностоя ПАВ происходило накопление пара (парниковый эффект), который затем прорывался через оболочку (внешний стеклованный слой) [11]. В случае обезвоживания вспененного раствора желатина разрыв оболочки паром невозможен. Давление пара внутри продукта недостаточно для разрыва подсохшей поверхности образца, которая обладает существенно большей прочностью и эластичностью, чем у пеностоя сульфонола [7, 8, 11].

Таким образом, учитывая физико-механические свойства желатина, для интенсификации процесса сушки целесообразно организовать объемный конвективно-радиационной энергоподвод. При этом для равномерности обезвоживания материала образцы подаваемого на сушку продукта целесообразно изготавливать в форме штранг (круглого, прямоугольного или квадратного сечения). Например, путем экструзии или разрезания желатинизированного пеностоя.

Целью настоящих исследований являлась разработка рациональных режимов сушки желатинового бульона на основе изучения кинетики и интенсивности сушки при различных условиях протекания процесса. С учетом литературных данных, а также предварительных экспериментальных данных для исследования конвективно-радиационной сушки вспененного желатинового бульона в желатинизированном состоянии из отходов переработки рыб были выбраны следующие варианты реализации процесса [1–8, 10, 14–18]:

– в форме штранг круглого сечения при объемном конвективном энергоподводе;
– в форме штранг круглого сечения при объемном конвективно-радиационном энергоподводе.

Для проведения исследований использовались вероятностно-статистические методы планирования и обработки эмпирических данных, исследования проводились по полному многофакторному многоуровневому плану. Для уточнения влияния отдельных факторов на интенсивность процесса обезвоживания все второстепенные параметры были зафиксированы, а в качестве целевой функции был выбран съем (выход) сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности сушильного аппарата в единицу времени, G, кг/(м^2·ч) [10, 19]:

$$G = M_{сп} / (F \cdot \tau) \quad (1)$$

где $M_{сп}$ – масса высушенного продукта до конечной влажности не более $w_к$ = 0,1 кг/кг, выбор которой осуществлен на основе результатов анализа гигроскопических характеристик продукта;

F – площадь рабочей поверхности, занимаемой продуктом, м^2;

τ – экспериментальное время сушки, ч.

В таблице 1 представлены основные факторы, влияющие на интенсивность процесса конвективной пеносушки желатинового бульона, а также уровни их варьирования, установленные в результате предварительных исследований. К указанным факторам относятся: начальная концентрация сухих веществ в продукте (C, кг/кг); начальный диаметр штранга пены ($d_н$, м); температура ($T_в$, К), влажность (W, кг/кг) и скорость сушильного агента (воздуха) (v, м/с).

Исследования проводились с использованием лабораторного оборудования ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Для проведения исследований желатиновый бульон готовился по методике, приведенной в работе [20], из отходов переработки рыб частиковых пород Астраханского региона (кожа, чешуя, кости, плавники, хрящи), полученных при разделке. Бульон, предварительно вспененный до образования пены с максимальной кратностью, экструдировали в форме штранг круглого сечения диаметром $d_н$, мм. Поступавшие из фильер экструдера штранги желатинизировали, затем закрепляли в специальном

Таблица 1. Уровни варьирования факторов при конвективно-радиационной пеносушке желатинового бульона

Table 1. Levels of variation of factors in convective-radiation foam drying of gelatin broth

Уровень	Факторы						
	$d_н$, м	C, кг/кг	E, кВт/м^2	W, %	λ, мкм	v, м/с	$T_в$, К
1	0,003	0,16	0,95	50–60	1,01–1,11	4–5	292–295
2	0,004	0,20	2,45	–	–	–	–
3	0,005	0,24	–	–	–	–	–

держателе в сушильной камере лабораторной конвективно-радиационной сушилке параллельно потоку воздуха. Полученные таким образом экспериментальные образцы сушили до конечной влажности, не превышающей $w_к$ = 0,1 кг/кг. Для получения кривых сушки держатель с образцом периодически взвешивали.

В результате экспериментальных исследований установлено следующее.

Существенное влияние на интенсивность сушки оказывает начальная концентрация сухих веществ в желатиновом бульоне, варьируемая, исходя из данных о пеноструктурных, структурно-механических и теплофизических характеристиках, в пределах C = 14–26 %. При концентрации сухих веществ C = 26 % пена обладает стабильностью, достаточной для реализации процесса влагоудаления без предварительного подсушивания. Превышение значения C = 26 % не целесообразно из-за увеличения длительности упаривания желатинового бульона, ухудшения его качественных характеристик и увеличения энергозатрат на реализацию процесса. Нижний предел C = 14 % обусловлен резким снижением стабильности стержня пены, что приводит к его разрушению в процессе сушки.

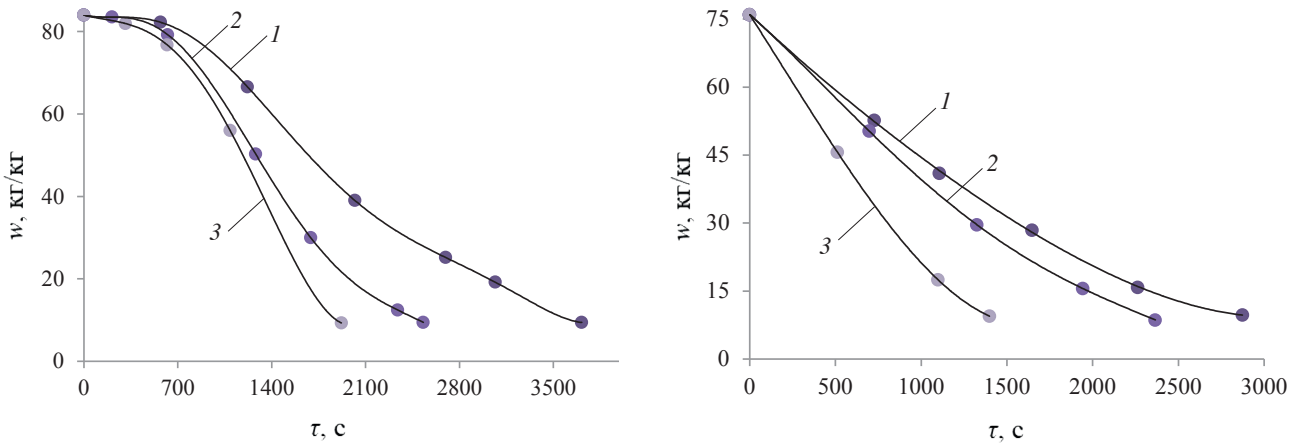
Диапазон изменения диаметра стержня пенослоя (штранга) желатинового бульона d_1 = 3–5 мм обусловлен обеспечением стабильности пены в процессе сушки. Формирование диаметра менее 3 мм технически трудноосуществимо и нецелесообразно из-за резкого снижения выхода сухого желатина. Увеличение диаметра более 5 мм приводит к снижению производительности процесса, а также к локальному поверхностному расплавлению и последующему стеклованию высушиваемого продукта при сохранении влаги в центре штранга и, как следствие, ухудшению качества сухого желатина.

Пена желатинового бульона в начале процесса сушки сохраняет стабильность исключительно в желатинизированном состоянии (в состоянии студня). При этом применение только радиационного энергоподвода (без конвективного) в процессе пеносушки затруднительно в силу неконтролируемого резкого повышения температуры продукта и, как следствие, последующего плавления и разрушения пены. Применение в процессе сушки воздуха, как охлаждающего агента, температура которого не превышает температуру желатинизации (T = 292–295 К), а также выдерживание плотности теплового потока инфракрасного облучения, падающего с одной стороны стержня в диапазоне E = 0,95–2,45 кВт/м^2, позволяют стабилизировать температуру высушиваемого пенослоя на уровне, не превышающем температуру его плавления. Уменьшение плотности теплового потока менее 0,95 кВт/м^2 нецелесообразно из-за резкого сокращения выхода сухого продукта. Увеличение плотности теплового потока (E > 2,45 кВт/м^2) приводит к локальному плавлению и разрушению пенослоя. Для обеспечения максимальной эффективности использования энергии излучателей (инфракрасных генераторов) длина волны излучения должна соответствовать максимальной излучательной способности радиационных излучателей [10, 21].

Оптимальный диапазон длины волны инфракрасных излучателей (инфракрасных генераторов) λ = 1,01–1,11 мкм, соответствующий максимальной интенсивности излучения, определяющей напряжение на генераторах U = 220 В и максимальной пропускательной способности продукта, выбран с учетом оптических и терморадиационных характеристик вспененного бульона желатина [10, 21]. Использование генераторов КГТ-220-1000 в качестве инфракрасных излучателей в процессе сушки вспененного раствора желатина в равных условиях более эффективно, в сравнении с аналогами, например, нихромовыми спиралями в кварцевых трубках, при одних и тех же тепловых потоках [10, 16, 17]. Генераторы КГТ-220-1000, в сравнении с металлическими и керамическими излучателями, создают сравнительно высокие тепловые потоки и обладают меньшей тепловой инерцией, что упрощает проектирование сушильной техники [10, 16, 17].

Температура плавления желатинизированного студня ограничивает нагрев пенослоя и интенсификацию процесса сушки только до определенного значения влажности высушиваемого продукта. Начиная с этого значения влажности, пеноструктура в процессе сушки образует прочный каркас, не подвергающийся плавлению, а температура нагрева продукта ограничивается исключительно температурой начала разложения содержащихся в нем термолабильных веществ.

Диапазон варьирования скорости потока воздуха v = 4–5 м/с ограничивается техническими



$1 - d_н = 0{,}005$ м, $2 - d_н = 0{,}004$ м, $3 - d_н = 0{,}003$ м

(а) (б)

Рисунок 1. Кривые конвективно-радиационной сушки штранг пены желатинового бульона (●) и их аппроксимирующие функции (——) при $C = 0{,}16$ кг/кг (а) и $C = 0{,}24$ кг/кг (б)

Figure 1. Convection-radiation drying curves for foam rods of gelatin foam (●) and their approximating functions (——) at $C = 0.16$ kg/kg (a) and $C = 0.24$ kg/kg (b)

возможностями осуществления процесса. Превышение $v = 5$ м/с нецелесообразно из-за механического разрушения (разрыва штранг пены) и уноса продукта. Снижение $v < 4$ м/с способствует увеличению температуры пенослоя в процессе конвективно-радиационной сушки более 333 К. Это приводит к ухудшению его качественных характеристик, локальному плавлению и разрушению.

Пена желатинового бульона с начальной концентрацией сухих веществ $C = 25$–26 % обладает стабильностью при одновременно действующих конвективном ($T = 292$–295 К, $v = 4$–5 м/с, $W = 50$–60 %) и объемном (двустороннем) радиационном энергоподводе с плотностью теплового потока, падающего с одной стороны штранга $E = 2{,}45$ кВт/м^2, соответствующей температуре пенослоя $T = 330$–333 К. Это исключает какую-либо деструкцию высушиваемого образца как термолабильного продукта. Вспененные образцы продукта с начальной концентрацией сухих веществ $C = 14$–24 % в силу своих структурно-механических, пеноструктурных и теплофизических характеристик нуждаются в предварительной подсушке в течении $t = 0{,}03$–$0{,}15$ ч воздухом с температурой, не превышающей температуру желатинизации. Превышение значения $t = 0{,}15$ ч нецелесообразно, так как по достижении указанного периода времени пеносло образует прочный каркас, не подвергающийся плавлению. Дальнейшее увеличение $t > 0{,}15$ ч приводит к снижению удельного съема сухого желатина. Снижение $t < 0{,}03$ ч не обеспечивает стабильность пеносло, и, после начала подачи инфракрасного энергоподвода, приводит к плавлению стержня пены при его нагреве выше температуры желатинизации.

В результате получены значения текущей влажности продукта w, кг/кг в процессе обезвоживания от времени τ, с. Примеры кривых сушки штранг пены желатинового бульона при исследуемых методах энергоподвода изображены на рисунке 1. Полученные кривые в последующем использованы для построения кривых скорости сушки с целью анализа механизма тепломассопереноса и определения удельной производительности процесса.

По формуле (1) получены значения целевой функции G, кг/(м^2·ч) при различных начальном диаметре штранга пены $d_н$, мм и начальной влажности вспениваемого бульона $w_н$ (1-С), кг/кг. Относительная ошибка при определении целевой функции не превышала 12 %. В результате компьютерной обработки экспериментальных данных получены адекватные аппроксимирующие зависимости съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени от варьируемых факторов. Погрешность аппроксимации R^2 полученной зависимости $G = f(w_н, d_н)$ составила не менее 0,997:

$$G(w_н, d_н) = \begin{bmatrix} \left(a_1 \cdot d_н^2 + b_1 \cdot d_н + c_1\right) \cdot w_н^2 + \\ + \left(a_2 \cdot d_н^2 + b_2 \cdot d_н + c_2 \cdot 2\right) \cdot w_н + \\ + \left(a_3 \cdot d_н^2 + b_3 \cdot d_н + c_3\right) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Значения эмпирических коэффициентов a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2, a_3, b_3, c_3 целевой функции представлены в таблице 2.

На рисунке 2 в виде полей значений G представлены результаты расчета целевой функции по уравнению (2), полученных для различных методов энергоподвода. Зависимости целевых функций конвективной (рис. 2а) и конвективно-радиационной (рис. 2б) сушки штранг пены

Таблица 2. Значения эмпирических коэффициентов целевой функции

Table 2. Values of the empirical coefficients of the objective function

Конвективная пеносушка					
a_1	0,7	a_2	–0,945	a_3	0,267
b_1	–7,7	b_2	10,995	b_3	–3,547
c_1	22	c_2	–33,82	c_3	12,615
Конвективно-радиационная пеносушка при E = 0,95 кВт/м^2					
a_1	10,8	a_2	–16,39	a_3	6,086
b_1	–85,6	b_2	129,85	b_3	–48,176
c_1	164	c_2	–251	c_3	94,422
Конвективно-радиационная пеносушка при E = 2,45 кВт/м^2					
a_1	31,3	a_2	–48,045	a_3	18,1765
b_1	–250,5	b_2	384,465	b_3	–145,4185
c_1	460,2	c_2	–709,81	c_3	270,413

желатинового бульона от влияющих факторов $d_н$ и $w_н$ имеют схожий характер. Для рассматриваемых вариантов реализации процесса рост целевой функции наблюдается как при увеличении диаметра штранга, так и при увеличении концентрации сухих веществ в продукте, и ограничивается верхними предельными значениями указанных факторов.

Максимальные значения удельного выхода сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени для исследуемых вариантов реализации процесса сушки, определенные в среде MathCAD с помощью опции Maximize, достигаются при начальной концентрации сухих веществ в продукте C = 0,24 кг/кг, начальном диаметре штранга пены $d_н$ = 4 мм, а также температуре T = 292–295 К, влажности W = 50–60 % и скорости сушильного агента v = 4–5 м/с и составляют:

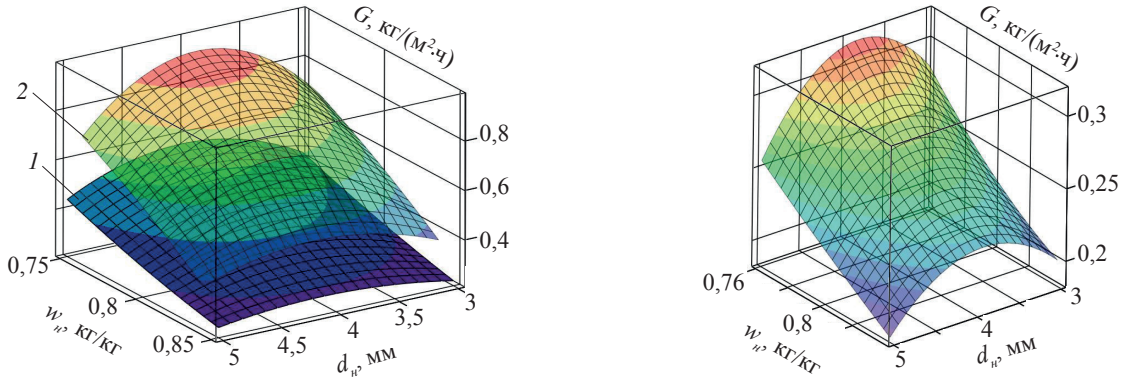
– для конвективной сушки штранга пены желатинового бульона G_{max} = 0,331 кг/(м^2·ч);

– для конвективно-радиационной сушки штранга пены желатинового бульона G_{max} = 0,998 кг/(м^2·ч) при плотности теплового потока, падающего с одной стороны штранга E = 2,45 кВт/м^2.

На рисунке 3 представлены примеры кривых скоростей конвективно-радиационной сушки штранг пены желатинового бульона от концентрации сухих веществ в продукте в процессе сушки $dw/d\tau = f(C)$, кг/(кг·с), полученные дифференцированием уравнений кривых сушки. Как известно, внутренний тепломассоперенос, особенно в дисперсных системах, ограничивает скорость удаления влаги из биополимеров, к которым относятся коллагены, в том числе желатин [10, 11].

В результате исследования кинетики конвективно-радиационной сушки штранг вспененного желатинового бульона из отходов переработки рыбы, в том числе анализа кривых скоростей сушки продукта, установлено следующее.

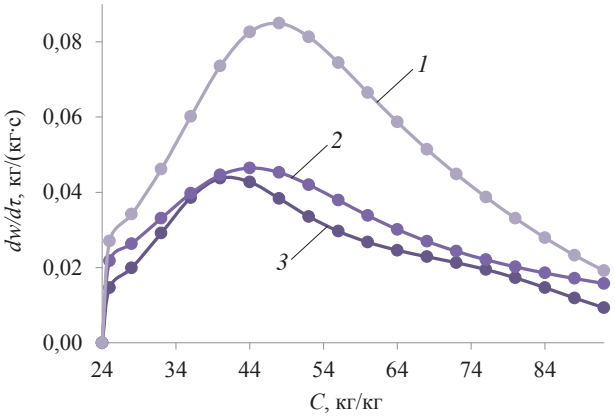
Кривые скорости характеризуются двумя явно выраженными типичными для биополимеров зонами, разграниченными экстремумами функций $dw/d\tau = f(C)$, кг/(кг·с) [10, 11, 17]. В первой зоне происходит рост скорости сушки до максимальных значений, который соответствует удалению влаги в свободном состоянии с поверхности раздела фаз. Движение влаги их продукта в атмосферу осуществляется в виде пара, образовавшегося внутри пузырьков пены, продвигающегося через каркас пленок и диффундирующего через пленки жидкой фазы. В данном случае, в силу интенсивного испарения влаги исключаются риски перегрева продукта, а в связи с формированием структуры биополимера происходит частичное деформирование



(а) (б)

Рисунок 2. Поля значений съема сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени от варьируемых факторов, при различных значениях начального диаметра штранга $d_н$ и начальной влажности $w_н$ вспененного желатинового бульона, при конвективном (а) и конвективно-радиационном (б) методах энергоподвода

Figure 2. Value fields of dry gelatin removal per unit area of the surface per unit of time from variable factors, for different values of the initial diameter of the rod d_1 and the initial humidity w_1 of the foamed gelatin broth using convective (*a*) and convective-radiation (*b*) energy supply methods



$1 - d_н = 0{,}003$ м, $2 - d_н = 0{,}004$ м, $3 - d_н = 0{,}005$ м

Рисунок 3. Кривые скорости конвективно-радиационной сушки штранг пены желатинового бульона от концентрации сухих веществ в продукте при $w_н = 76\%$ и $E = 2{,}45$ кВт/м²

Figure 3. Velocity curves of convection-radiation drying rate of gelatin broth foam extrusion vs. concentration of solids in the product at $w_1 = 76\%$ and $E = 2.45$ kW/m²

и частичная усадка продукта. Например, для кривой скорости сушки штранга вспененного желатинового бульона с начальным диаметром $d_н = 0{,}005$ м первая зона соответствует диапазону концентрации сухих веществ в продукте $0{,}24 < C < 0{,}405$ кг/кг, вторая зона – диапазону $0{,}405 < C < 0{,}9$ кг/кг (рис. 3).

В точке экстремума функции $dw/d\tau = f(C)$, кг/(кг·с) (рис. 3) происходит высыхание гелеобразных перегородок желатинизированного продукта, влага перемещается в форме пара путем эффузии, а именно при движении отдельных молекул без взаимного контакта. Сам продукт (гель) плавно переходит в биополимерное вещество, обладающее малой пористостью. В результате образуется прочный полимерный каркас и микрокапиллярная сетка.

Во второй зоне (рис. 3), соответствующей удалению влаги полимолекулярной адсорбции, наблюдается спад скорости сушки, углубление поверхности парообразования смещается вглубь штранга. При интенсивном прогревании продукта завершается его полимеризация и формирование его микропористой структуры, завершается усадка пеноштранга [10, 11, 17].

Выводы

Таким образом, проведены исследования кинетики и интенсивности конвективной и конвективно-радиационной сушки желатинового бульона из отходов переработки рыб во вспененном и желатинизированном состоянии. Для последующего использования в расчетах производительности сушильных установок получены аппроксимирующие зависимости целевой функции (выхода сухого желатина с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени) G, кг/(м²·ч) от варьируемых факторов.

Определены рациональные режимы проведения процесса, при которых достигается максимальный удельный съем сухого продукта: начальная концентрация сухих веществ в продукте $C = 0{,}24$ кг/кг; температура $T = 292$–295 К, влажность $W = 50$–60 % и скорость сушильного агента $v = 4$–5 м/с; начальный диаметр штранга пены $d_н = 4$ мм; плотность теплового потока, падающего с одной стороны штранга $E = 2{,}45$ кВт/м²; длина волны излучателей $\lambda = 1{,}01$–$1{,}11$ мкм, соответствующая максимальной интенсивности излучения, определяющей напряжение на излучателях $U = 220$ В.

В результате исследований интенсивности конвективно-радиационной сушки желатинового бульона установлено, что введение радиационного энергоподвода в процесс конвективной пеносушки желатинизированного бульона при рациональных режимах практически в три раза увеличивает удельную производительность процесса.

В результате исследования кинетики конвективной и конвективно-радиационной сушки получены функциональные зависимости скорости сушки штранг вспененного желатинового бульона от концентрации сухих веществ в продукте (C, кг/кг) для рассмотренных режимов реализации процесса. С использованием кривых скорости выполнен анализ тепломассопереноса при конвективно-радиационной пеносушке желатинизированного бульона. В результате установлено, что характер изменения скорости сушки продукта типичен для большинства биополимеров, кривые скорости характеризуются двумя явно выраженными зонами влагоудаления, разграниченными экстремумами функций.

По результатам исследований подана заявка № 2018116255 на получение патента на изобретение «Способ сушки желатинового бульона при производстве сухого желатина».

Критерии авторства

А. В. Макаров наработал образцы желатина из отходов переработки рыбы, провел сравнительное исследование процесса сушки желатинового бульона при различных методах энергоподвода, выполнил обработку, анализ данных и определил рациональные режимы процесса конвективной-радиационной пеносушки желатинового бульона. Ю. А. Максименко руководил проведением исследований. Э. П. Дяченко предложил метод конвективной-радиационной пеносушки желатинового бульона, принимал участие в сравнительном исследовании процессов сушки желатинового бульона при различных методах энергоподвода, обработке данных, определении рациональных режимов процесса и анализе результатов исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

A.V. Makarov obtained gelatin samples from fish processing wastes, determined the rational modes of the convective-radiation foam drying, and performed the comparative study of the process of drying with various energy supply methods, as well as processing and data analysis. Yu.A. Maksimenko was the leading scientist. E.P. Dyachenko proposed the method of convective-radiation foam drying of gelatin broth and took part in the comparative study of the processes of drying gelatin broth with various methods of energy supply, data processing, determination of rational process conditions, and analysis of research results.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Gelatin handbook. Gelatin manufacturers institute of America. GMIA, 2019. – 26 p.

2. Gelatin Drying Technology (Gelatin Dryer) [Internet]. – Available from: https://gelatin.nl/home. – Date of the application: 12.08.2019.

3. Технология производства желатина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gelatin.by/partners/technology. – Дата обращения: 12.08.2019.

4. Characteristics and gelling properties of gelatin from goat skin as affected by drying methods / S. Mad-Ali, S. Benjakul, T. Prodpran [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 54, № 6. – P. 1646–1654. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-017-2597-5.

5. Kusumaningrum, I. Extraction optimization and characterization of gelatine from fish dry skin of Spanish mackerel (*Scomberromorus commersoni*) / I. Kusumaningrum, Y. Pranoto, S. Hadiwiyoto // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 144, № 1. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/144/1/012036.

6. Hue, C. T. Physicochemical characterization of gelatin extracted from European perch (*Perca fluviatilis*) and Volga pikeperch (*Sander volgensis*) skins / C. T. Hue, N. T. M. Hang, R. G. Razumovskaya // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2017. – Vol. 17, № 6. – P. 1117–1125. DOI: https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_6_05.

7. Асякина, Л. К. Возможность использования желатина как компонента для получения биоразлагаемых полимеров / Л. К. Асякина, Л. С. Дышлюк // Актуальные вопросы индустрии напитков. – 2017. – № 1. – С. 19–21.

8. Native and modified gelatin films produced by casting, extrusion, and blowing extrusion processes / C. Andreuccetti, T. Galicia-García, R. González-Nuñez [et al.] // Polymers from Renewable Resources. – 2017. – Vol. 8, № 1. – P. 11–26. DOI: https://doi.org/10.1177/204124791700800102.

9. Пахомова, Ю. В. Некоторые особенности кинетики инфракрасной сушки лигносульфоната во вспененном состоянии / Ю. В. Пахомова // Наука без границ. – 2018. – Т. 27, № 10. – С. 65–68.

10. Алексанян, И. Ю. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование: монография / И. Ю. Алексанян, А. А. Буйнов. – Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2004. – 380 с.

11. Алексанян, И. Ю. Анализ кинетики обезвоживания сульфонола / И. Ю. Алексанян, Э. П. Дяченко, В. В. Ермолаев // Химическая промышленность. – 2009. – № 3. – С. 150.

12. Olaniyan, A. M. Effect of foaming agent, foam stabilizer and whipping time on drying process of tomato paste under different drying equipment / A. M. Olaniyan, J. A. Adeoti, M. O. Sunmonu // International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing. – 2017. – Vol. 8, № 2. DOI: https://doi.org/10.1142/S1793962317400049.

13. Тормозов, И. В. Использование пен в пищевой промышленности / И. В. Тормозов // Образование и наука без границ: фундаментальные и прикладные исследования. – 2017. – № 6. – С. 356–358.

14. Дяченко, М. М. Технология кормовой муки из мясокостных тканей тюленей / М. М. Дяченко, Н. П. Боева, Э. П. Дяченко // Труды ВНИРО. – 2017. – Т. 166. – С. 159–178.

15. Трубилин, Е. И. Энергоемкость сушки растительного сырья: проблемы и пути решения / Е. И. Трубилин, Е. И. Виневский // Технический оппонент. – 2019. – № 1. – С. 48–53.

16. Фоменко, Е. В. Совершенствование процессов получения гранулированной клейковины пшеничной: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.12 / Фоменко Екатерина Валерьевна. – Краснодар, 2019. – 20 с.

17. Никулина, М. А. Совершенствование процесса инфракрасной сушки пищевой съедобной пленки: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.12 / Никулина Мария Александровна. – Санкт-Петербург, 2018. – 16 с.

18. Нугманов, А. Х.-Х. Изучение кинетики и анализ закономерности процесса формования штранга из рыбной фаршевой смеси / А. Х.-Х. Нугманов, А. И. Алексанян // Индустрия питания. – 2018. – Т. 3, № 3. – С. 46–51.

19. Грачев, Ю. П. Математические методы планирования экспериментов / Ю. П. Грачев, Ю. М. Плаксин. – М. : ДеЛи принт, 2005. – 296 с.

20. Као Тхи Хуе. Обоснование и разработка технологии получения структурообразователя из кожи рыб: автореф. дис. … канд. техн. наук: 05.18.04 / Као Тхи Хуе. – М., 2012. – 25 с.

21. Ильясов, С. Г. Физические основы инфракрасного облучения пищевых продуктов / С. Г. Ильясов, В. В. Красников. – М. : Пищевая промышленность, 1978. – 359 с.

References

1. Gelatin handbook. Gelatin manufacturers institute of America. GMIA; 2019. 26 p.

2. Gelatin Drying Technology (Gelatin Dryer) [Internet]. [cited 2019 Aug 12]. Available from: http://gelatin.nl/home.

3. Tekhnologiya proizvodstva zhelatina [Gelatin production technology] [Internet]. [cited 2019 Aug 12]. Available from: https://gelatin.by/partners/technology.

4. Mad-Ali S, Benjakul S, Prodpran T, Maqsood S. Characteristics and gelling properties of gelatin from goat skin as affected by drying methods. Journal of Food Science and Technology. 2017;54(6):1646–1654. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-017-2597-5.

5. Kusumaningrum I, Pranoto Y, Hadiwiyoto S. Extraction optimization and characterization of gelatine from fish dry skin of Spanish mackerel (*Scomberromorus commersoni*). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2018;144(1). DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/144/1/012036.

6. Hue CT, Hang NTM, Razumovskaya RG. Physicochemical characterization of gelatin extracted from European perch (*Perca fluviatilis*) and Volga pikeperch (*Sander volgensis*) skins. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2017;17(6):1117–1125. DOI: https://doi.org/10.4194/1303-2712-v17_6_05.

7. Asyakina LK, Dyshlyuk LS. Vozmozhnost′ ispol′zovaniya zhelatina kak komponenta dlya polucheniya biorazlagaemykh polimerov [Options for using gelatin as a component to obtain biodegradable polymers]. Aktual′nye voprosy industrii napitkov [Actual Issues of Beverage Industry]. 2017;(1):19–21. (In Russ.).

8. Andreuccetti C, Galicia-García T, González-Nuñez R, Martínez-Bustos F, Grosso CRF. Native and modified gelatin films produced by casting, extrusion, and blowing extrusion processes. Polymers from Renewable Resources. 2017;8(1):11–26. DOI: https://doi.org/10.1177/204124791700800102.

9. Pahomova YuV. Some features of the kinetics of infrared drying of lignosulfonate in the foamed state. Nauka bez granits [Science without Borders]. 2018;27(10):65–68. (In Russ.).

10. Aleksanyan IYu, Buynov AA. Vysokointensivnaya sushka pishchevykh produktov. Penosushka. Teoriya. Praktika. Modelirovanie: monografiya [High intensity food drying. Foam dryer. Theory. Practice. Modeling: monography]. Astrakhan: Astrakhan State Technical University; 2004. 380 p. (In Russ.).

11. Aleksanyan IYu, Dyachenko EhP, Ermolaev VV. Analiz kinetiki obezvozhivaniya sul′fonola [Analysis of the kinetics of sulphonol dehydration]. Industry & Chemistry. 2009;(3):150. (In Russ.).

12. Olaniyan AM, Adeoti JA, Sunmonu MO. Effect of foaming agent, foam stabilizer and whipping time on drying process of tomato paste under different drying equipment. International Journal of Modeling, Simulation, and Scientific Computing. 2017;8(2). DOI: https://doi.org/10.1142/S1793962317400049.

13. Tormozov IV. Use of foams in food industry. Obrazovanie i nauka bez granits: fundamental′nye i prikladnye issledovaniya [Education and science without borders: fundamental and applied research]. 2017;(6):356–358. (In Russ.).

14. Dyachenko MM, Boeva NP, Dyachenko EP. Technology of flour fodder from meat and osteal tissues of seals. VNIRO Proceedings. 2017;166:159–178. (In Russ.).

15. Trubilin EI, Vinevskii EI. Energy intensity of drying of plant raw material: problems and solutions. Technical opponent. 2019;(1):48–53. (In Russ.).

16. Fomenko EV. Sovershenstvovanie protsessov polucheniya granulirovannoy kleykoviny pshenichnoy [Improving the processes for producing granulated wheat gluten]. Cand. eng. sci. diss. Krasnodar, 2019. 20 p.

17. Nikulina MA. Sovershenstvovanie protsessa infrakrasnoy sushki pishchevoy s″edobnoy plenki [Improving the process of infrared drying of edible food wrap]. Cand. eng. sci. diss. St. Petersburg: ITMO University; 2018. 16 p.

18. Nugmanov AH-H, Aleksanyan AI. Kinetics study and consistent pattern analysis of the rod production process from the fish mince. Food Industry. 2018;3(3):46–51. (In Russ.).

19. Grachev YuP, Plaksin YuM. Matematicheskie metody planirovaniya ehksperimentov [Mathematical methods of experiment planning]. Moscow: DeLi print; 2005. 296 p. (In Russ.).

20. Kao TK. Obosnovanie i razrabotka tekhnologii polucheniya strukturoobrazovatelya iz kozhi ryb [Substantiation and development of the technology for producing structural agent from fish skin]. Cand. eng. sci. diss. Moscow: Russian Federal Research Institute of Fishiries and Oceanography; 2012. 25 p.

21. Il′yasov SG, Krasnikov VV. Fizicheskie osnovy infrakrasnogo oblucheniya pishchevykh produktov [Physical fundamentals of infrared food irradiation]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost′; 1978. 359 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Макаров Александр Викторович
старший преподаватель кафедры технологии товаров и товароведения, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрархань, ул. Татищева, 16, тел.: +7 (8512) 61-45-94, e-mail: amxs1@yandex.ru

Максименко Юрий Александрович
д-р. техн. наук, заведующий кафедрой технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрархань, ул. Татищева, 16, тел.: +7 (8512) 61-44-69, e-mail: amxs1@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-7973-1903

Дяченко Эдуард Павлович
канд. техн. наук, научный сотрудник отдела технологий и инноваций, Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», 140153, Россия, Московская область, Раменский район, д. Верея, тел.: +7 (8-496) 46-24-364, e-mail: amxs1@yandex.ru

Information about the authors

Aleksandr V. Makarov
Senior Lecturer of the Department of Technology of Goods and Commodity Science, Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia, phone: +7 (8512) 61-45-94, e-mail: amxs1@yandex.ru

Yuriy A. Maksimenko
Dr.Sci.(Eng.), Head of the Department of Technological Machines and Machinery, Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia, phone: +7 (8512) 61-44-69, e-mail: amxs1@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0001-7973-1903

Eduard P. Dyachenko
Cand.Sci.(Eng.), Researcher of the Department of Technology and Innovation, All-Russia Horticulture Research Institute – a branch of Federal horticulture Science Center, Vereya village, Ramensky district, Moscow region, 140153, Russia, phone: +7 (8-496) 46-24-364, e-mail: amxs1@yandex.ru

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-604-611
Оригинальная статья
УДК 664.785.3
http://fptt.ru/

Применение деки из полиуретана для центробежного шелушения овса

В. А. Марьин*, А. Л. Верещагин, А. А. Иванов

Бийский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»,
659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27

**e-mail: tehbiysk@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 27.05.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

© В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, А. А. Иванов, 2019

Аннотация.
Введение. Одним из средств повышения коэффициента использования зерна может быть применение новых методов воздействия на зерно при шелушении. Целью настоящей работы является оценка целесообразности применения вязкоупругого материала при шелушении овса.
Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследования использовали зерно овса, выращенного в предгорной части Алтайского края в 2017 г., которое разделяли на две фракции по крупности. Сравнительные испытания эффективности работы шелушителей проводили с металлической (стандартной) декой и с декой, материал которой имеет твердость по Шору А-80-95 и модуль упругости 2,8 МПа.
Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что замена упругого материала деки (сталь) на вязкоупругий (полиуретан) уменьшает количество разрушенного ядра. Было установлено, что работоспособность полиуретановой деки для первой фракции при втором шелушении сохраняется при переработке 400 тонн, второй фракции – 1500 тонн. Коэффициент шелушения овса с полиуретановой декой на втором шелушении первой фракции превышает показатели с металлическими деками на 12,0 %, а на втором шелушении второй фракции – на 5,9 %. Увеличение целостности ядра для первой фракции на 34,0 %, а для второй фракции на 30,0 % привело к увеличению массовой доли выхода готового продукта на 2,9 %.
Выводы. Использование полиуретановых дек при втором шелушении первой и второй фракций позволяет увеличить рентабельность производства по переработке зерна овса в хлопья овсяные «Геркулес» на 3,1 %.

Ключевые слова. Зерно злаков, дека, полимеры, фракция, переработка, крупа, ядро

Финансирование. Работа выполнена на базе Бийского технологического института (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», руководитель М. А. Ленский.

Для цитирования: Марьин, В. А. Применение деки из полиуретана для центробежного шелушения овса / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин, А. А. Иванов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 604–611. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-604-611.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Polyurethane Decks in Centrifugal Oat Dehulling

V.A. Marin*, A.L. Vereshchagin, A.A. Ivanov

Biysk Technological Institute (branch) of the Polzunov Altai State Technical University,
27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia

**e-mail: tehbiysk@mail.ru*

Received: May 27, 2019
Accepted: October 15, 2019

© V.A. Marin, A.L. Vereshchagin, A.A. Ivanov, 2019

Abstract.
Introduction. Oat-meal mills often have a low efficiency ratio of oat grains, which may be improved by new dehulling methods. The present research proved that it is possible to reduce the amount of destroyed cores by replacing elastic steel decks with viscoelastic polyurethane ones. The research objective was to assess the feasibility of using viscoelastic material in oat dehulling.
Study objects and methods. The study featured two size fractions of oats. The grain was harvested in the foothills of the Altai Territory

in 2017. A set of comparative tests was performed to define the efficiency of two dehulling machines. One had a standard metal deck, while the other had a deck made of material of A-80-95 ShA and an elastic modulus of 2.8 MPa during the second dehulling.
Results and discussion. The polyurethane deck remained efficient for the first fraction during the second dehulling after 400 tons, for the second fraction – after 1,500 tons. The dehulling coefficient for the polyurethane deck exceeded the results for the metal deck by 12.0% during the second dehulling of the first fraction and by 5.9% during the second peeling of the second fraction. The integrity of the core increased by 34.0% for the first fraction and by 30.0% for the second fraction, which increased the mass fraction of the finished product by 2.9%.
Conclusion. Ppolyurethane decks proved efficient for the second dehulling of the first and second fractions. Their use improved the processing of oat grains into Hercules oat flakes by 3.1%.

Keywords. Grain, deck, polymers, fraction, processing, cereal, kernel

Funding. The research was performed on the premises of Biysk Technological Institute (branch) of the Polzunov Altai State Technical University, project manager – M.A.Lenskiy.

For citation: Marin VA, Vereshchagin AL, Ivanov AA. Polyurethane Decks in Centrifugal Oat Dehulling. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(3):604–611. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-604-611.

Введение

Овес – это зерновая и кормовая культура. Значительные посевные площади находятся в Северной Европе и Северной Америке, а также в Китае и Австралии. Однако за последние 50 лет произошло значительное уменьшение его производства. Овес имеет большое экономическое значение для потребления человеком. Он используется в качестве корма для скота и все чаще в качестве источника высокоценных соединений для промышленного применения из-за уникального состава зерна овса. Это объясняется наличием β-глюкана – основного полисахарида клеточной стенки эндосперма. В связи с этим в последнее время происходит увеличение доли овса для применения в продуктах здорового питания. Расширение знаний о составе зерна овса и его ценности для различных конечных потребителей открывает новые возможности для этой культуры [1–7].

Было установлено, что в зерне овса содержание кадмия не превышает ПДК даже при использовании больших доз минеральных удобрений при его выращивании [8]. Состав зерна овса зависит от многих факторов. Так, обработка паром и шелушение овсяной крупы приводит к умеренным потерям токотриенолов, кофейной кислоты и авенантрамида Bp (N- (4’-гидрокси) – (E) -циннамоил-5-гидроксиантраниловой кислоты), а массовая доля феруловой кислоты и ванилина увеличивается [9].

При переработке зерна овса уменьшается молярная масса β-глюкана [10]. Зерно овса различных фракций различается по биохимическому составу и технологическим показателям [11].

Следует отметить, что различные инактивирующие обработки (обработка горячим воздухом, пропаривание при нормальном и повышенном давлениях, инфракрасное обжаривание и микроволновое нагревание) оказывают влияние на сохранность и вкусовые показатели овса [12].

В связи с этим эффективность использования зерна овса для производства различных продуктов питания и улучшение их качества имеет большое значение. Возникает необходимость в совершенствовании технологии переработки овса, так как на овсозаводах в настоящее время недостаточно высок коэффициент использования зерна. Важнейшим из средств повышения коэффициента использования зерна при одновременном улучшении качества готовой продукции может быть применение новых методов воздействия на зерно при шелушении. К сожалению, работ, направленных на улучшения шелушения зерна, недостаточно. Следовательно, исследования, направленные на совершенствование шелушильно-шлифовальных машин, являются актуальными и практически значимыми, так как основные потери в технологическом процессе происходят на этапе шелушения.

Опыт эксплуатации овсозаводов по переработке зерна овса в крупу позволяет утверждать, что в настоящее время альтернативы механическому отделению цветочной пленки от ядра нет. Однако в результате механических воздействий на зерно оно деформируется. Это приводит к повреждению и разрушению ядра, а также образованию кормовой мучки и дробленого ядра. Результат – снижение выхода готового продукта. Для повышения прибыли и рентабельности необходимо снизить себестоимость переработки овса. Это можно добиться улучшением качества и повышением массовой доли готового продукта [13].

Овес – пленчатая культура, его ядро имеет удлиненно-цилиндрическую форму и является хрупким [14]. Шелушение сопровождается деформацией ядра и снижением выхода целых ядер. В связи с этим эффективность использования зерна овса при производстве крупы зависит в большей степени от эффективности шелушильных машин [15].

Шелушение овса усложняется еще и тем, что однородность и выравненность зерновой массы по размерам составляет не более 70–80 %.

Известно, что для уменьшения количества дробленого ядра можно использовать два метода: уменьшение скорости удара зерновки о неподвижную

Таблица 1. Показатели качества зерна овса использованные при исследовании целостности зерна

Table 1. Oat quality indicators used in the grain integrity test

Показатели качества зерна	Качество зерна по требованиям нормативной документации ГОСТ 28673-90	Фактическое качество зерна
Состояние	в здоровом, негреющем состоянии	
Цвет	свойственный нормальному зерну	
Запах	свойственный здоровому зерну овса, без плесневого, солодового, затхлого и других посторонних запахов	
Тип	1	
Влажность, %	не более 13,5	13,2
Натура, г/л	не менее 520	520
Массовая доля ядра, %	63,0	68,5
Массовая доля лузги, %	не нормируется	26,7
Сорная примесь, %	не более 3,0	1,0
Зерновая примесь, %	не более 7,0	1,9
Зараженность вредителями	не допускается	

упругую деку и использование вязкоупругого материала деки, который изменяет характер деформации зерна при соударении. Вязкоупругая дека, в отличие от жесткой, допускает небольшую деформацию, что приводит к отделению цветочных пленок при сохранении целостности ядра.

Целью настоящей работы является оценка целесообразности применения полиуретана при шелушении овса.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются партии зерна овса «Корифей», собранные в предгорной части Алтайского края в 2017 г. от одного производителя. Шелушение партий осуществляли на центробежных шелушителях. Перед шелушением зерно разделяли на две фракции по крупности. При втором шелушении были проведены сравнительные испытания эффективности работы шелушителей с металлическими (стандартными) деками и с деками из полиуретана как первой, так и второй фракций [16, 17]. Опытная дека с диаметром равным заводской деке и толщиной 12 мм была подобрана экспериментально из условий эксплуатации не менее 14 дней без замены и жестко крепилась к держателю. Держатель был изготовлен из тонкой листовой стали в виде цилиндра по высоте равной заводской деке. Все партии зерна, которые были направлены для исследования, соответствовали требованиям ГОСТ 28673-90 «Овес. Требования при заготовках и поставках».

Испытания проводились в производственных условиях по технологии, в которой зерно перед шелушением разделяли на две фракции. Образцы для исследования были отобраны на овсозаводе производительностью 2 т/ч. Отбор и формирование партий зерна для исследования проводили согласно ГОСТ 26312-84. «Правила приемки» и методы обора проб».

Для того чтобы избежать погрешностей все исследования проводились с зерном от одного производителя с показателями качества, представленными в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1 позволяет утверждать, что качество партий зерна соответствует показателям нормативной документации и базисным кондициям и может быть использовано для исследований и выработки готового продукта. Такое зерно, проходя все подготовительные этапы, направляли на шелушение. В процессе шелушения определяли массовую долю целого, дробленого ядра и кормовой мучки. Научные исследования выполнены на базе Бийского технологического института (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова». Научная новизна данного исследования заключается в

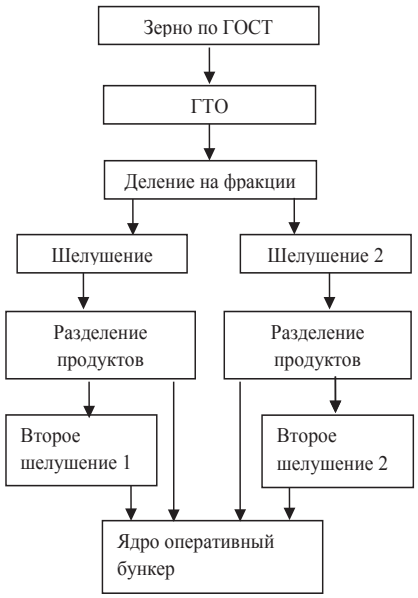


Рисунок 1. Применяемая схема переработки зерна овса

Figure 1. Scheme applied for oat processing

Таблица 2. Эффективность второго шелушения зерна овса первой и второй фракций

Table 2. Efficiency of the second dehulling of the first and the second fractions

Показатели	1 фракция		2 фракция	
	дека		дека	
	Металлическая дека	Полиуретановая дека	Металлическая дека	Полиуретановая дека
Коэффициент шелушения	70,6	82,6	80,3	88,2
Целое ядро	37,2	71,2	32,4	62,4
Колотое ядро остаток на сите Ø 2,0 мм	27,7	8,7	36,1	13,4
Дробленое ядро проход сита Ø 2,0 мм	3,4	1,0	13,4	4,8

возможности модернизации существующего отечественного оборудования.

Результаты и их обсуждение

Принципиальная схема переработки зерна овса при делении его на две фракции перед шелушением представлена на рисунке 1.

Результаты проведенных производственных испытаний показали, что при номинальной производительности шелушителей марки ЦШ-2 2,5 т/ч ядро овса в процессе шелушения начинает дробиться. В зависимости от сорта и его натуры содержание поврежденных зерен (с поврежденной целостностью ядра) может достигать до 30,0 %. Повышение целостности ядра можно достигнуть уменьшением скорости вращения ротора. Однако такой подход при переработке зерна экономически нецелесообразен, так как приводит к уменьшению производительности овсозавода до 40,0 %.

Были испытаны различные материалы. Вязкоупругая дека, в отличие от упругой, допускает неупругую деформацию. Это приводит к отделению цветочных пленок при сохранении целостности ядра. Было установлено, что одним из наиболее эффективных материалом в ходе испытаний является полиуретан, обладающий высокой прочностью, абразивной стойкостью и низкой истираемостью. Для исследования использовали полиуретан марки ЭЛУР-95 (твердость по Шору А-80-95; относительное удлинение при разрыве не менее 350 %; стойкость к износу не более 0,07 см³; прочность при разрыве не менее 35 МПа) [18]. При этом модуль упругости полиуретана составляет 2,8 МПа, а для стали – 210 МПа [19]. За счет этого полиуретановая дека обеспечивает вязкоупругое столкновение и более длительный контакт зерновки с декой шелушителя, обеспечивая процесс отделения оболочки и более высокую сохранность ядра.

Производственные испытания показали, что при первом шелушении полиуретановая дека, показывая высокую степень целостности зерна, значительно изнашивается. Так, на первой фракции она заменялась после шелушения 50 тонн, на второй фракции – после 250 тонн. Было принято решение использовать полиуретановую деку только при втором шелушении как первой, так и второй фракций. Были проведены сравнительные испытания эффективности работы шелушителей.

В таблице 2 представлены результаты первого и второго шелушения зерна овса первой и второй фракций. В центробежных шелушителях были использованы металлические деки на всех шелушителях и полиуретановые деки на втором шелушении первой и второй фракций.

Как видно из представленных выше данных, коэффициент шелушения овса на центробежном шелушителе с полиуретановой декой на втором шелушении первой фракции превышает показатели с металлическими деками на 12,0 %, на втором шелушении второй фракции – на 5,9 %.

Таблица 3. Результаты технологических испытаний

Table 3. Results of the technological tests

Наименование продукта	Выход готового продукта, %		
	С металлическими деками	С полиуретановыми деками на втором шелушении	По «Правилам организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях» [20, 21]
Хлопья овсяные «Геркулес»	61,6	64,5	45,0
Дробленое ядро*	4,4	2,6	15,0
Мучка кормовая**	3,0	0,8	

* Проход круглого сита Ø 2,0 мм;

** Проход металлотканого сита № 63 с размером отверстия 0,63 мм.

* Passage of round screen Ø 2,0 mm;

** Pass metallating sieve № 63 with the hole size 0.63 mm.

Таблица 4. Планово-экономические показатели при шелушении овса на полиуретановых деках

Table 4. Planning and economic indicators for dehulling on polyurethane decks

Объём сырья, тонн	Суточная	Суток	Всего за месяц	
	50	27	1350	
Наименование			стандартная	полиуретановая
Цена одной тонны готовой продукции б/НДС, тыс руб.			10,000	10,000
Выход продукции, %			61,6	64,5
Объём продукции, тонн			831,6	870,7
Стоимость основной продукции тыс руб.			8316	8707,5
Стоимость побочной продукции тыс руб.	кзп, мучка – 2 руб/кг		100	21,6
Стоимость продукции, тыс руб.			8416	8729,1
Переменные затраты тыс руб.			7851	7875
Стоимость сырья б/НДС, тыс руб.	5000		6750	6750
Мешкотара, тыс руб.	30	131	335,9	351,2
Заработная плата тыс руб.	250		337,5	337,5
Отчисления от з/пл., %	30,8		104	104
Электроэнергия тыс руб.			324	324
Деки полиуретановые тыс руб.	7,25			8,25
Деки стальные, тыс руб.	0,2			
Переменные затраты тыс руб.			1101	1125
Переменные затраты на 1 тонну готовой продукции тыс руб.			9,44	9,04
Маржинальная прибыль, тыс руб.			565, 0	854,2
Рентабельность (маржинальная прибыль), %			6,7	9,8
Стоимость переработки 1 тонны зерна, тыс руб.			0,815	0,833
Стоимость производства 1 тонны готовой продукции тыс руб.			1,324	1,292

Необходимо также отметить, что увеличение коэффициента шелушения ядра сопровождается увеличением целостности ядра для первой фракции на 34,0 %, для второй фракции на 30,0 %. Это приводит к увеличению массовой доли выхода готового продукта.

Кроме того, применение полиуретановой деки позволяет значительно упростить работу падди-машин и триеров по отбору необрушенных зерен из продуктов шелушения, сокращает количество циклов данных машин, а также позволяет получать овсяную крупу по товарному виду и содержанию необрушенного зерна в готовой продукции с более высокими показателями, чем требования нормативной документации.

Проведенные исследования и эксплуатация указанных дек показали, что работоспособность деки для первой фракции при втором шелушении сохраняется при переработке 400 тонн, второй фракции – 1500 тонн зерна.

Для объективной оценки применения полиуретановых дек на втором шелушении первой и второй фракций исследовали выход готового продукта. Результаты технологических испытаний представлены в таблице 3. Испытания проводили при переработке зерна овса в хлопья овсяные «Геркулес».

Из представленных результатов следует, что использование полиуретановых дек для шелушения овса при повторном шелушении позволяет увеличить долю выхода готового продукта на 2,9 % за счет уменьшение доли дробленого ядра и кормовой мучки. Необходимо отметить, что сохранность ядра при шелушении зависит от многих факторов, в том числе от крупности, выполненности, сорта, влажности и послеуборочной обработки зерна. Результаты настоящего исследования показали хорошую сохранность ядра при шелушении с вязкоупругими деками. Было выявлено, что при увеличении скорости вращения ротора до максимума (скорости соударения зерновки с полиуретановой декой) дробление зерна незначительно. Однако при этом наблюдается ее значительный износ. Поэтому для сохранности деки необходимо подбирать оптимальные режимы работы шелушителей, которые зависят от вышеприведенных факторов. Контроль работы шелушителей можно осуществлять расчетом коэффициентов шелушения и измерением массовой долей дробленого ядра и кормовой мучки в процессе работы (табл. 3).

Затраты электроэнергии, пара и воды при переработке овса в хлопья овсяные «Геркулес» не изменяются.

Расчет планово-экономических показателей завода по переработке овса в хлопья овсяные «Геркулес» проводили для овсоцеха производительностью 2 т/ч. Расчеты в рублях за тонну представлены в таблице 4. Цены на зерна, крупу, электроэнергию и другие затраты взяты из расчета как средние на текущий период.

Анализ представленных данных позволяет утверждать, что использование полиуретановых дек при втором шелушении зерна овса обеспечивает

более высокий маржинальный доход. Использование полиуретановых дек позволяет увеличить маржинальную прибыль на 289,2 тыс руб. в месяц. Увеличение прибыли и рентабельности на 3,1 % связано с уменьшением переменных затрат.

Полученные данные свидетельствуют о целесообразности модернизации центробежных шелушителей, в том числе использования полиуретановых дек, для шелушения зерна овса. В процессе испытаний была разработана технология изготовления держателя и способ крепления к нему полиуретановой деки.

Выводы

Установлено, что использование полиуретановых дек при втором шелушении позволяет увеличить рентабельность производства по переработки зерна овса в хлопья овсяные «Геркулес» на 3,1 %, и повысить выход готовой продукции не менее чем на 2,9 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности

Благодарю всех уважаемых коллег, которые помогали при работе над статьей.

Conflict of interest

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

Acknowledgements

I would like to express my deepest gratitude to my colleagues who helped me in my work.

Список литературы

1. Kapoor, R. Oats / R. Kapoor, C. Batra // Broadening the genetic base of grain cereals / M. Singh, S. Kumar. – New Delhi : Springer, 2016. – P. 127–162. DOI: https://doi.org/10.1007/978-81-322-3613-9_6.

2. Lim, T. K. *Avena sativa* / T. K. Lim // Edible medicinal and non-medicinal plants / T. K. Lim. – Dordrecht : Springer, 2013. pp. 218–242. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-5653-3_13.

3. Игорянова, Н. А. Новые свойства овса с позиции здорового питания / Н. А. Игорянова, Е. П. Мелешкина, С. Н. Коломиец. – М. : Типография Россельхозакадемии, 2014. – С. 103–105.

4. Зенкова, А. Н. Овсяная крупа и хлопья – продукты повышенной пищевой ценности / А. Н. Зенкова, И. А. Панкратьева, О. В. Полituха // Хлебопродукты. – 2012. – № 11. – С. 60–62.

5. Козлова, Г. Я. Сравнительная оценка голозерных и пленчатых сортов овса по основным показателям качества зерна / Г. Я. Козлова, О. В. Акимова // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – Т. 4, № 5. – С. 87–89.

6. Румянцева В. В. Продукты переработки зерна как перспективное сырье в пищевой промышленности / В. В. Румянцева // Хлебопродукты. – 2011. – № 5. – С. 48–49.

7. Старовойтова, Я. Ю. О повышении пищевой ценности национальных булочных изделий / С. Ю. Старовойтова, М. Н. Школьникова // Индустрия питания. – 2018. – Т. 3, № 3. – С. 70–77.

8. Cadmium contents of oats (*Avena sativa* L.) in official variety, organic cultivation, and nitrogen fertilization trials during 1997−1999 / M. Eurola, V. Hietaniemi, M. Kontturi [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2003. – Vol. 51, № 9. – P. 2608–2614. DOI: https://doi.org/10.1021/jf020893+.

9. Bryngelsson, S. Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.) / S. Bryngelsson, L. H. Dimberg, A. Kamal-Eldin // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50, № 7. – P. 1890–1896. DOI: https://doi.org/10.1021/jf011222z.

10. Processing affects the physicochemical properties of β-glucan in oat bran cereal / S. M. Tosh, Y. Brummer, S. S. Miller [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58, № 13. – P. 7723–7730. DOI: https://doi.org/10.1021/jf904553u.

11. Change in quality parameters of hulled oats grain at fractionation / E. N. Pasynkova, A. A. Zavalin, A. V. Pasynkov [et al.] // Russian Agricultural Sciences. – 2018. – Vol. 44, № 5. – P. 409–413. DOI: https://doi.org/10.3103/S1068367418050142.

12. Ruge, C. The effects of different inactivation treatments on the storage properties and sensory quality of naked oat / C. Ruge, R. Changzhong, L. Zaigui // Food and Bioprocess Technology. – 2012. – Vol. 5, № 5. – P. 1853–1859. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-011-0551-5.

13. Saravacos, G. D. Mechanical separation equipment / G. D. Saravacos, A. E. Kostaropoulos // Handbook of food processing equipment. Food engineering series / G. D. Saravacos, A. E. Kostaropoulos. – Switzerland : Springer International Publishing, 2016. – P. 233–292. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-25020-5.

14. Ушаков, Т. И. Овес и продукты его переработки / Т. И. Ушаков, Л. В. Чиркова // Хлебопродукты. – 2015. – № 11. – С. 49–51.

15. Сортовой потенциал формирования крупяного зерна овса в разных зонах выращивания / И. В. Пахотина, Е. Ю. Игнатьева, О. Ф. Бойцова [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2018. – Т. 28, № 4. – С. 89–94.

16. Марьин В. А. Повышение целостности ядра овса при шелушении / В. А. Марьин, А. Л. Верещагин // Хлебопродукты. – 2018. – № 7. – С. 54–56.

17. Mar'in, V. A. Improvement of locally manufactured equipment for non-standard oat processing / V. A. Mar'in, A. L. Vereshchagin, N. V. Bychin // Foods and Raw Materials. – 2016. – Vol. 4, № 2. – P. 111–120. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-111-120.

18. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nppsts.ru/2011-08-26-17-42-42/15-materialy/64-elury. – Дата обращения: 27.04.2019.

19. Лыков, С. А. Износостойкие полимеры в зерноочистительных машинах / С. А. Лыков, Б. М. Рудаков, В. В. Алагуров // Хлебопродукты. – 2000. – № 1. – С. 21–23.

20. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Часть 1. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1990. – С. 81.

21. Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. Часть 2. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1990. – С. 97.

References

1. Kapoor R, Batra C. Oats. In: Singh M, Kumar S, editors. Broadening the genetic base of grain cereals. New Delhi: Springer; 2016. pp. 127–162. DOI: https://doi.org/10.1007/978-81-322-3613-9_6.

2. Lim TK. *Avena sativa*. In: Lim TK, editor. Edible medicinal and non-medicinal plants. Dordrecht: Springer; 2013. pp. 218–242. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-5653-3_13.

3. Igoryanova NA, Meleshkina EP, Kolomiets SN. Novye svoystva ovsa s pozitsii zdorovogo pitaniya [New properties of oats from a healthy diet perspective]. Moscow: Tipografia of the Russian Academy of Agricultural Sciences; 2014. 103–105 p. (In Russ.).

4. Zenkova AN, Pankrat′eva IA, Politukha OV. Oat grain and flakes – are products of the increased food value. Bread products. 2012;(11):60–62. (In Russ.).

5. Kozlova GYa, Akimova OV. Comparative assessment of the bare-grained and filmy oats varieties on main parameters of corn quality. Agricultural Biology. 2009;4(5):87–89. (In Russ.).

6. Rumyantseva VV, Kovach N. Produkty pererabotki zerna kak perspektivnoe syr′e v pishchevoy promyshlennosti [Grain processing products as a promising raw material in the food industry]. Bread products. 2011;(5):48–49. (In Russ.).

7. Starovoytova YYu, Shkolnikova MN. About the food value improvement of bakery products. Food Industry. 2018;3(3):70–77. (In Russ.).

8. Eurola M, Hietaniemi V, Kontturi M, Tuuri H, Pihlava J-M, Saastamoinen M, et al. Cadmium contents of oats (*Avena sativa* L.) in official variety, organic cultivation, and nitrogen fertilization trials during 1997−1999. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003;51(9):2608–2614. DOI: https://doi.org/10.1021/jf020893+.

9. Bryngelsson S, Dimberg LH, Kamal-Eldin A. Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002;50(7):1890–1896. DOI: https://doi.org/10.1021/jf011222z.

10. Tosh SM, Brummer Y, Miller SS, Regand A, Defelice C, Duss R, et al. Processing affects the physicochemical properties of β-glucan in oat bran cereal. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010;58(13):7723–7730. DOI: https://doi.org/10.1021/jf904553u.

11. Pasynkova EN, Zavalin AA, Pasynkov AV, Kotel'nikova NV. Change in quality parameters of hulled oats grain at Fractionation. Russian Agricultural Sciences. 2018;44(5):409–413. DOI: https://doi.org/10.3103/S1068367418050142.

12. Ruge C, Changzhong R, Zaigui L. The Effects of different inactivation treatments on the storage properties and sensory quality of naked oat. Food and Bioprocess Technology. 2012;5(5):1853–1859. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-011-0551-5.

13. Saravacos G, Kostaropoulos AE. Mechanical separation equipment. In: Saravacos GD, Kostaropoulos AE, editors. Handbook of food processing equipment. Food Engineering Series. New York: Springer; 2016. p. 233–292. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-25020-5.

14. Ushakov TI, Chirkova LV. Oats and its products. Bread products. 2015;(11):49–51. (In Russ.).

15. Pakhotina IV, Ignateva EYu, Kolmakov YuV, Boytsova OF, Vasyukevich SV. Varietal potential for the formation of groat grain of oats in different growing areas. Legumes and groat crops. 2018;28(4):89–94. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-11055.

16. Maryin VA, Vereshchagin AL. Increase in integrity of a kernel of oats in peeling. Bread products. 2018;(7):54–56. (In Russ.).

17. Mar'in VA, Vereshchagin AL, Bychin NV. Improvement of locally manufactured equipment for non-standard oat processing. Foods and Raw Materials. 2016;4(2):111–120. DOI: https://doi.org/10.21179/2308-4057-2016-2-111-120.

18. [Internet]. [cited 2019 Apr 27]. Available from: http://nppsts.ru/2011-08-26-17-42-42/15-materialy/64-elury.

19. Lykov SA, Rudakov BM, Alagurov VV. Iznosostoykie polimery v zernoochistitel′nykh mashinakh [Abrasion-resistant polymers in dehulling machines]. Bread products. 2000;(1):21–23. (In Russ.).

20. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskogo protsessa na krupyanykh predpriyatiyakh. Chastʹ 1 [Procedures for the technological process at the cereal production enterprises. Part 1]. Moscow: Central Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research of Milled and Hulled Products; 1990. 81 p. (In Russ.).

21. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskogo protsessa na krupyanykh predpriyatiyakh. Chastʹ 2 [Procedures for the technological process at the cereal production enterprises. Part 2]. Moscow: Central Scientific Research Institute of Information and Technical and Economic Research of Milled and Hulled Products; 1990. 97 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Марьин Василий Александрович
канд. техн. наук, доцент кафедры общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: tehbiysk@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1858-238X

Верещагин Александр Леонидович
д-р хим. наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: vail@bti.secna.ru
https://orcid.org/0000-0003-4510-720X

Иванов Андрей Александрович
аспирант кафедры общей химии и экспертизы товаров, Бийский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 659305, Россия, г. Бийск, ул. Трофимова, 27, e-mail: vail@bti.secna.ru

Information about the authors

Vasily A. Marin
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk Technological Institute (branch) of the Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: tehbiysk@mail.ru
https://orcid.org/0000-0003-1858-238X

Alexander L. Vereshchagin
Dr.Sci.(Chem.), Professor, Head of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk Technological Institute (branch) of the Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: vail@bti.secna.ru
https://orcid.org/0000-0003-4510-720X

Andrey A. Ivanov
Postgraduate of the Department of General Chemistry and Expertise of Goods, Biysk Technological Institute (branch) of the Polzunov Altai State Technical University, 27, Trofimova Str., Biysk, 659305, Russia, e-mail: vail@bti.secna.ru

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-612-620
Оригинальная статья
УДК 581.6
http://fptt.ru/

Гигроскопические исследования джекфрута как объекта сушки

Тхи Сен Нгуен*, И. Ю. Алексанян, А. Х.-Х. Нугманов, Л. М. Титова

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»,
414056, Россия, Астрахань, ул. Татищева, 16

**e-mail: albert909@yandex.ru*

Дата поступления в редакцию: 01.08.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

© Тхи Сен Нгуен, И. Ю. Алексанян, А. Х.-Х. Нугманов, Л. М. Титова, 2019

Аннотация. Изучение статики процесса удаления влаги из материалов опирается на исследование закономерностей взаимодействия между парогазовой средой и объектом обезвоживания при стремлении к термодинамически равновесному состоянию. Для влажных термолабильных материалов, к которым относится плод джекфрута, при статическом равновесии между продуктом и окружающей средой, содержание в нем воды в гигроскопичном состоянии зависит от его вида и энергии, влажности и ряда параметров, в частности, температуры и парциального давления его паров над поверхностью объекта. Авторами построены графические зависимости активности воды ломтиков джекфрута от влажности при различных температурах окружающей среды, их аналогия в полулогарифмических координатах, на основе которых был выявлен диапазон влажностей, определяющих вид связи влаги объекта исследования с сухим остатком. Изучение закономерностей механизма тепло- и массопереноса является актуальным при определении динамики процесса обезвоживания и является предпосылкой для выявления путей интенсификации процесса удаления влаги при рациональных режимных параметрах. Исследование авторами статьи состояний равновесия в системе дает возможность найти движущую силу влагопереноса, оценить потенциал теплоносителя, обосновать значения параметров объекта исследования и внешней среды при хранении и транспортировке готовой сухой продукции. Величина относительного влагосодержания в состоянии равновесия, определяемая по изотермическим сорбционным кривым, обусловлена предварительной обработкой объекта сушки, условиями его контакта с внешней средой, а также энергией и видом взаимосвязи сухого остатка и влаги. Полученные авторами эмпирические результаты, оформленные в виде графических зависимостей, позволили теоретически получить их математическую аппроксимацию, получая уравнения зависимости между равновесной влажностью материала и относительной влажностью паровоздушной среды, которые включают множество констант, которые также надо определять эмпирически. Опираясь на полученные математические зависимости, аппроксимирующие изотермические кривые сорбции, то есть связь между влажностью продукта и показателями активности воды, можно провести термодинамический анализ процесса сорбции и определить величины свободной, связанной и внутренней энергий процесса поглощения влаги исследуемым капиллярно пористым телом. Полученный результат гигроскопического исследования плодов джекфрута также необходим и при принятии конструкторских решений для рационального осуществления технологических операций, включая операции по хранению и транспортировке готовых сухих ломтиков плодов джекфрута.

Ключевые слова. Гигроскопические свойства, равновесное состояние, влагосодержание, активность воды, изотермическая кривая сорбции, джекфрут

Для цитирования: Гигроскопические исследования джекфрута как объекта сушки / Т. С. Нгуен, И. Ю. Алексанян, А. Х.-Х. Нугманов [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 612–620. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-612-620.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Jackfruit as an Object of Drying: A Hygroscopic Study

Thi Sen Nguyen*, I.Yu. Aleksanyan, A.H.-H. Nugmanov, L.M. Titova

Astrakhan State Technical University,
16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia

**e-mail: albert909@yandex.ru*

Received: August 01, 2019
Accepted: October 15, 2019

© Thi Sen Nguyen, I.Yu. Aleksanyan, A.H.-H. Nugmanov, L.M. Titova, 2019

Abstract. Statics of drying is based on the laws of interaction between the gas medium and the dehydration facility, which seek a thermodynamically equilibrium state. Jackfruit is a wet thermolabile material. With a static equilibrium between the product and the environment, the water content in a hygroscopic state depends on the type of the product, its energy, humidity, and a number

of parameters, e.g. temperature and partial pressure of the vapor on the surface. The paper introduces graphical dependences of the activity of water of jackfruit slices on humidity at various ambient temperatures. The authors also give its analogy in semilogarithmic coordinates. It helped to define a range of humidity that determined the type of connection between the moisture of the object and the dry residue. The laws of the mechanism of heat and mass transfer are relevant in determining the dynamics of the dehydration process. Their study can help to intensify the process of moisture removal with rational operating parameters. The present study featured the equilibrium states in the system, which made it possible to find the driving force of moisture transfer and to evaluate the heat carrier potential, as well as to substantiate the values of the parameters and the environment during storage and transportation of the finished dry product. The value of relative moisture content in equilibrium was determined by isothermal sorption curves. The value depends on the pre-treatment of the drying object, the conditions of its contact with the external environment, as well as by the energy and type of relationship between the dry residue and the moisture. The empirical results were arranged in the form of graphical dependences, which made it possible to theoretically obtain their mathematical approximation. The equations of dependence between the equilibrium moisture content of the material and the relative humidity of the vapor-air medium included a lot of constants, which also needed to be determined empirically. The mathematical dependences approximate the isothermal sorption curves, i.e. the relationship between the product's moisture and water activity indices. The dependences can be used to conduct a thermodynamic analysis of the sorption process and determine the free, bound, and internal energies of the process of moisture absorption by the capillary-porous object of study. The hygroscopic examination of jackfruit is also necessary when making design decisions for the rational implementation of technological operations, including the storage and transportation of dry jackfruit slices.

Keywords. Hygroscopic properties, equilibrium state, moisture content, water activity, isothermal sorption curve, jackfruit

For citation: Nguyen TS, Aleksanyan IYu, Nugmanov AH-H, Titova LM. Jackfruit as an Object of Drying: A Hygroscopic Study. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):612–620. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-612-620.

Введение

Тропический фрукт под названием джекфрут становится все популярнее в мире [1]. Его своеобразный запах и необычный вкус не становится преградой для его распространения в России. При правильном приготовлении и использовании соответствующих продуктов и приправ он оказывается вкусным блюдом, обязательно понравится людям, любящим европейскую кухню.

Плоды (соплодия) джекфрута являются самыми большими съедобными фруктами, произрастающими на деревьях [2]. Длина их может составлять 20 ± 110 см, а в диаметре доходить до 20 см. Вес может достигать 34 кг. Кожура покрыта множеством конусных выступов (рис. 1). Незрелые плоды имеют зелёный цвет, а при созревании приобретают жёлтый оттенок [3]. Внутренняя область плода раздроблена на крупные доли, содержащие сладкую сочную волокнисто-скользкую мякоть желтого цвета. Во всех долях находится продолговатое коричневое семя размером примерно 6 см.

Рисунок 1. Джекфрут натуральный

Figure 1. Jackfruit

В Россию, как правило, этот плод попадает в виде сухофруктов, привычных к употреблению россиянами. Согласно статистике процент потребления на рынке этого вида завозной из-за рубежа продукции составляет примерно 85 % [4].

Для влажных термолабильных материалов, к которым относится плод джекфрута, статическое равновесное состояние системы, состоящей из продукта и внешней среды, обусловлено постоянством ее параметров в течение времени [5]. При таком равновесии количество воды в гигроскопичном продукте зависит от его вида и энергии, содержащейся в нем влаги, а также ряда параметров, в частности температуры и парциального давления его паров над поверхностью продукта [6–8]. Исследование состояний равновесия в системе дает возможность найти движущую силу влагопереноса, оценить потенциал теплоносителя, обосновать значения параметров объекта исследования и внешней среды при хранении и транспортировке готовой сухой продукции.

Равновесная сорбционная/десорбционная криволинейная зависимость показывает взаимную связь между относительным содержанием влаги в объекте изучения и влажностью окружающего его воздуха при потоянной температуре t [6, 9]. Эта связь в настоящее время не имеет корректной аналитической формулировки, поэтому она выявляется эмпирически [10, 11].

Объекты и методы исследования

При изучении свойств джекфрутового соплодия исследовались его гигроскопические параметры тензометрической методикой Ван Бамелена, по которой пробы материала находились определенный промежуток времени в эксикаторе с известной влажностью и с различно

концентрированным сернокислым раствором [6, 9–11]. Концентрация раствора при t однозначно обусловливает величину парциального давления паров воды и, как следствие, величину относительной влажности паровоздушной смеси j [12, 13]. Проба взвешивалась на весах с точностью до 0,001 г. После прекращения массового изменения рассчитывалась влажность W_P, при определении которой выявлялась ошибка измерений при дублировании опытов 3 ± 5 раз.

W_P, вычислялась по выражению:

$$W_P = \frac{G_2 - G_1(1 - W_{образца})}{G_2} \quad (1)$$

где $W_{образца}$ – исходная влажность продукта, кг/кг;

G_1 – его исходная масса, кг;

G_2 – его масса в состоянии термодинамического равновесия, кг.

Эмпирическое исследование гигроскопических характеристик необходимо для обоснования итоговой влажности продукта для обеспечения рационального срока хранения. Получение сорбционных статических зависимостей проводилось, основываясь на том, что величина активности воды Aw и φ идентичны из-за равенства при равновесии парциального парового давления в пограничном с образцом слое и во внешней среде [2, 6, 7].

Результаты и их обсуждение

После реализации серии экспериментов на эксикаторной опытной установке получены изотермы сорбции влаги соплодия джекфрута при температурах воздуха 298 К, 308 К и 318 К, которые представлены ниже (рис. 2) [14].

На изотермической сорбционной кривой присутствуют три характерных зоны, что особенно проявляется при ее графической трансформации в полулогарифмический вид (рис. 3).

Из работ академика А. В. Лыкова следует, что влажные вещества подразделяются на ряд видов, обусловленных их коллоидными и физико-химическими показателями: коллоидные, коллоидно-капиллярно-пористые и капиллярно-пористые [13]. Соплодие джекфрута представляет собой по структуре капиллярно-пористое тело с большим количеством микропор капилляров и пустот, через которые пары воды легко могут проникать или удаляться.

Поведение воды в объекте исследования и обусловленные им параметрические показатели влагопереноса определяются путем изучения адсорбционных явлений на поверхности фазового раздела (паровоздушная среда – материал), опираясь на теоретические положения полимолекулярной адсорбции, обоснованные С. Брунауэром и др. Учеными выделены 5 основных видов изотермических равновесных кривых [15].

Полученные изотермы можно отнести к II типу, которые характерны для всех пищевых гидрофильных продуктов [15]. Это объясняется тем, что при проведении сорбции в условиях постепенного повышения φ происходит накопление влаги вокруг активных центров вследствие чего формируются молекулярные грозди.

Г. К. Филоненко предложил математическое описание изотерм проводить двумя уравнениями. Для этого нужно кривую (рис. 2) разбить на два участка: первый – от W_0 до W_m; второй – от W_m и выше. Точка W_0 на изотерме характеризует переход от мономолекулярной к полимолекулярной адсорбции и становится пересечением продолжения прямолинейного участка изотермы с осью абсцисс. В реальных условиях обезвоживания

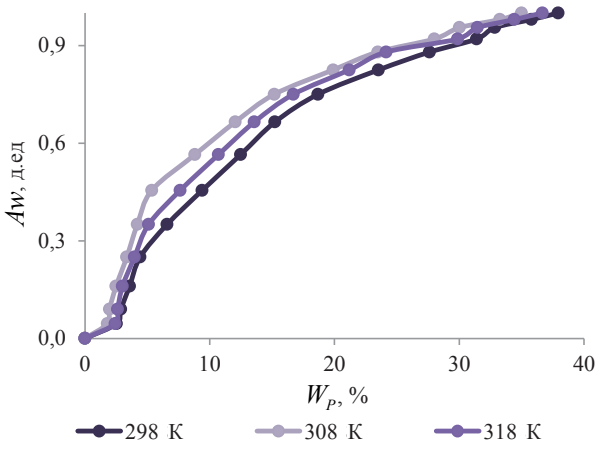


Рисунок 2. Кривые равновесия при сорбции влаги джекфрутом при различных температурах

Figure 2 Equilibrium curves during moisture sorption in jackfruit at various temperatures

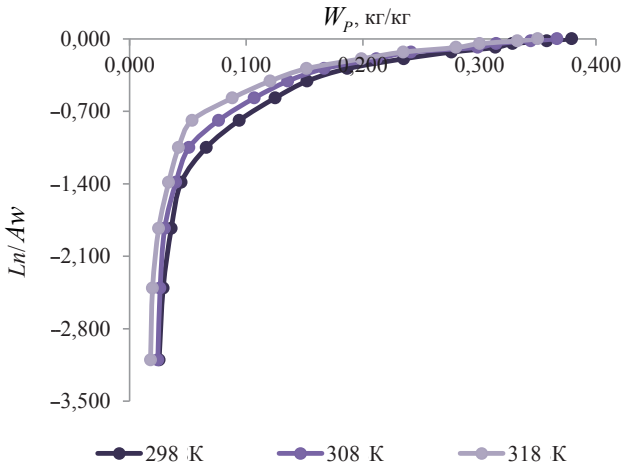


Рисунок 3. Изотермы сорбции влаги джекфрутом в полулогарифмических координатах

Figure 3. Log-magnitude sorption isotherms for jackfruit

мономолекулярная адсорбционная влага не подлежит удалению, поэтому зона в интервале от 0 до W_0 обычно математически не аппроксимируется. Точка W_m характеризует переход от влаги, связанной полимолекулярной адсорбцией, к капиллярно и осмотически связанной влаге и становится пересечением прямой с кривой изотермы в верхней части графика. Начиная от значений W_m и, соответственно, A_m, кривая изотермы резко уходит вправо.

Следуя этому подходу, на изотермах, которые представлены на рисунке 2, можно выделить эти участки: прямолинейный от W_0 до W_m, характеризующий адсорбционно-связанную влагу, и криволинейный от W_m и выше, характеризующий капиллярно-связанную и осмотическую влагу.

В работах [9, 10] сделан вывод о том, что в веществе поверхностные ионы и молекулы энергетически не являются насыщенными из-за того, что в доле их силового поля, устремленной во внешний ареал (относительно поверхности частиц), нет ни ионов, ни молекул, на адсорбцию которых может быть потрачена энергия этой доли силового поля. Результатом является образование поверхностной энергии любого вещества. В случае, когда относительно сухой материал оказывается в среде с молекулами паров воды, они адсорбируются молекулами его поверхностного слоя. Это является исходным этапом сорбции внешней парообразной влаги веществом при формировании 1 мономолекулярного слоя на поверхности сухого скелета материала.

Даже при незначительной величине относительной влажности паровоздушной среды (доли процента), наблюдается формирование мономолекулярного сорбционного водного слоя. Целесообразно принять во внимание силы взаимодействия между свободными и адсорбированными водными молекулами, которые являются диполями. Это приводит при адсорбции, кроме утраты подвижности, к их ориентированию в зависимости от заряда к точке адсорбции своим полюсом с положительным или отрицательным зарядом. Таким образом, поверхностный мономолекулярный сорбционный слой включает разнознаковые по полюсам диполи, образующие новую поверхность с множеством сорбционных центров для формирования последующего слоя. Впоследствии по тому же принципу образуются 2, 3 и так далее слои. Течение сорбционных процессов определяется такими же усилиями, как и те, которые приводят к межмолекулярному сцеплению в твердых и жидких средах и к отклонениям в поведении реальных и идеальных газовых фаз.

Физическая адсорбция сама по себе протекает с очень большой скоростью, но проникновение молекул вглубь капилляров адсорбента происходит очень медленно. Известно, что в некоторых случаях адсорбционнное равновесие достигается за много часов и даже дней [6, 9]. При постоянной температуре количество адсорбированного газа (водяного пара) прямо пропорционально давлению. При постоянном давлении число адсорбированных молекул с повышением температуры уменьшается по экспоненциальной зависимости. Как уже указывалось, всякое тело обладает поверхностной энергией, величина которой при прочих равных условиях тем больше, чем больше удельная поверхность данного тела, т. е. чем выше его дисперсность. Поверхностная энергия данного вещества имеет наибольшее значение тогда, когда оно находится в вакууме. При соприкосновении вещества с воздухом его энергетический потенциал на поверхности снижается из-за заполнения адсорбционных центров водными молекулами. Это приводит к выделению тепловой энергии, которую принято называть теплотой адсорбции. Полимолекулярная адсорбция сопровождается формированием в мономолекулярном конденсированного слоя или конденсированных зон.

Энергия взаимосвязи капиллярной воды и сухого каркаса определяется, в том числе, связью полимолекулярного слоя с капиллярными стенками и уменьшением парового давления над вогнутым капиллярным мениском (положительное смачивание) ниже парового давления над плоской поверхностью влаги в свободном состоянии. Известно, что пограничные слои у межфазной поверхности контакта существенно отличаются по свойствам от свойств ядер фаз. Так, внутренняя водная молекула равномерно притягивается соседними и равнодействующая сил межмолекулярного взаимодействия равняется нулю. Когда молекула находится на межфазной поверхности контакта межмолекулярные силы взаимодействия направлены в ядро жидкой фазы и по ее поверхности. Причем силы притяжения в паровую среду с достаточной точностью можно не учитывать из-за того, что длина свободного пробега паровых молекул пара существенно больше по сравнению с длиной свободного пробега молекул жидкой фазы. То есть толщина пограничного к поверхности контакта фаз молекулярного слоя соизмерима с ареалом влияния сил молекулярного взаимодействия. В варианте сорбции воды капиллярно-пористым веществом капиллярные стенки покрыты ее адсорбционно связанным полимолекулярным слоем. При этом у воды в таком состоянии частично изменяются характеристики при сохранении свойств основной массы влаги, связанной капиллярно, кроме которой присутствует и механически связанная свободная влага.

В работах [6, 9] сделан вывод о том, что в итоге формирования раствора снижается относи-

тельное содержание свободных молекул в среде растворителя, что очевидно, потому что в нем распределено иное вещество. Не вызывает сомнений то, что снижение содержания молекул растворителя в свободном состоянии будет тем больше, чем больше объемная доля растворенных молекул. Одним из вариантов изменения относительного содержания растворенных молекул в свободном состоянии является осмос, который присутствует тогда, когда контактируют растворы с различным относительным содержанием растворенного вещества, разделенные полупроницаемой мембраной, селективно задерживающей растворенные молекулы и пропускающей молекулы растворителя. Суть явления осмоса состоит в самопроизвольном переносе молекул растворителя в системе из одной части в другую. Проход молекул растворителя через полупроницаемую мембрану происходит посредством их предварительного растворения в ней, поэтому избирательная проницаемость обусловлена не размерами пор перегородки, а различной способностью к растворению материала по отношению к отдельным соприкасающимся к ней веществам.

Капиллярно-пористое вещество является композицией замкнутых ячеек, в частности клеток, у которых стенки скомпонованы из высокомолекулярных нерастворимых фракций. Внутри ячеек находится низкомолекулярная растворимая фракция, которая не может проникнуть через клеточные стенки и образуется при формировании вещества. Причем низкомолекулярная фракция присутствует не только внутри ячейки, но и снаружи на ее поверхности. Относительное содержание этой фракции внутри превышает ее содержание снаружи клетки, следствием чего является проход влаги в клетку через стенку диффузионным путем. Иными словами клетка представляется закрытой ячейкой и движущей силой перемещения воды будет разница осмотических давлений растворенной фракции. Отметим, что

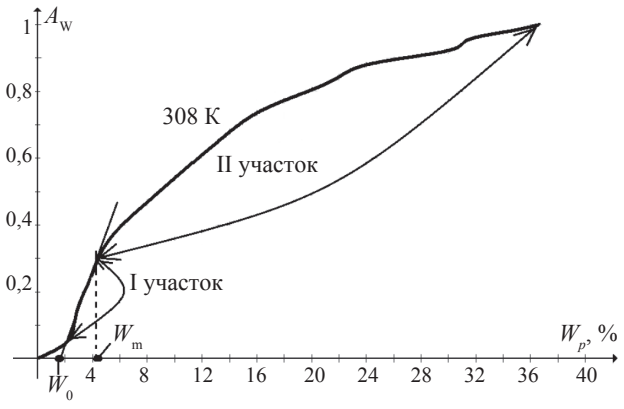


Рисунок 4. Изотерма сорбции влаги джекфрутом при 308 К, разбитая на 2 участка

Figure 4. Two-section sorption isotherm for jackfruit at 308K

такое перемещение жидкой фазы происходит без теплового эффекта и контракции всей системы при росте объема вещества. Осмотическая влага по характеристикам является свободной, так как в ней не растворяются легкорастворимые компоненты из-за невозможности диффузионного переноса вещества в клетку, где она находится.

Разрушение осмотической связи наблюдается при влагоудалении при условии разности концентраций до и после клеточной мембраны. Осмотическая влага диффундирует в материале через клеточные оболочки в жидком виде, также как и попала в него.

Таким образом, из эмпирически полученных изотерм сорбции (рис. 2, 3) выделяются два основных участка, причина появления которых аналитически обоснована. 1 зоной считают диапазон влажности, где превалирует процесс мономолекулярной адсорбции, в котором вода сильно связана с сухим остатком и 2 микробиологической, где также ферментативная активность мала. По этой причине именно на границе 1 и 2 зон влажность является рациональной для последующего хранения и колеблется для растительной продукции в интервале $0,050 \le A_w \le 0,40$.

Полученные таким образом участки наглядно представлены на рисунке 4 для кривой сорбции влаги джекфрутом, полученной при температуре 308 К [14, 16].

На рисунке 4 видны четкие точки перехода от одной зоны к другой, где превалирует влага с той или иной формой связи с сухим веществом [16–18].

Операция логарифмирования упрощает математическую интерпретацию изотермических кривых равновесия (рис. 2). Они для удобства разбиты на 2 участка и аппроксимированы логарифмическими функциями, которые графически представлены на рисунке 5 при ошибке аппроксимации экспериментальных данных, не превышающей 3 %.

Аппроксимированные математические зависимости, описывающие экспериментально получен-

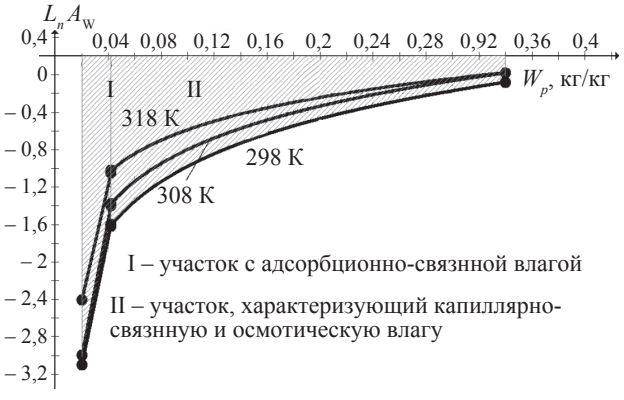


Рисунок 5. Линейная и логарифмическая аппроксимация изотерм сорбции влаги джекфрутом

Figure 5. Linear and logarithmic approximation of sorption isotherms for jackfruit

Таблица 1. Уравнения линейной и логарифмической аппроксимации (по участкам) изотерм сорбции влаги джекфрутом

Table 1. Equations of linear and logarithmic approximation (in sections) of sorption isotherms for jackfruit

Температура, К	1 участок	2 участок
298	$LnA_W = 68{,}18W_P - 4{,}463$	$LnA_W = 0{,}735Ln\,(W_P) + 0{,}715$
308	$LnA_W = 72{,}727W_P - 4{,}454$	$LnA_W = 0{,}669Ln\,(W_P) + 0{,}743$
318	$LnA_W = 61{,}727W_P - 3{,}64$	$LnA_W = 4{,}9969Ln\,(W_P) + 0{,}5635$

Таблица 2. Значения коэффициентов $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i$ для каждого участка W_P, подставляемые в уравнение 2 или 3

Table 2 . Values of coefficients $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i$ for each section W_P, substituted in equation 2 or 3

Эмпирические коэффициенты	$0{,}02 \le W_P \le 0{,}042$, $i = 1$	$0{,}042 \le W_P \le 0{,}34$, $i = 2$
a_i	–0,0777	–0,00052
b_i	47,56	0,3067
c_i	–7202,15	–44,75
d_i	0,004	–0,00104
e_i	–2,438	0,632
f_i	364,7	–95,35

ные изотермы сорбции джекфрутом в полулогарифмических координатах при трех различных температурах (рис. 5), для удобства разбиты на 2 участка и представлены в таблице 1.

Для наглядности и удобства термодинамического исследования эмпирические данные целесообразно обрабатывать в виде комплексной зависимости логарифма A_W от T и W_P:

I участок:

$$\ln A_w = (a_i T^2 + b_i T + c_i)\, W_P + (d_i T^2 + e_i T + f_i) \quad (2)$$

II участок:

$$\ln A_w = (a_i T^2 + b_i T + c_i)\, ln\,(W_P) + (d_i T^2 + e_i T + f_i) \quad (3)$$

где $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i$ – эмпирические коэффициенты;

i – порядковый номер участка изотермы.

Значения этих коэффициентов для каждого участка сведены в таблицу 2.

Выводы

Вследствие того, что в технологии получения сухофруктов из джекфрута основным процессом является удаление влаги из плодов, который происходит, в частности, в гигроскопическом диапазоне влажности, необходимо изучение статики процесса и его анализ с термодинамической точки зрения, который возможен только при наличии результатов гигроскопического исследования объекта сушки. Термодинамический анализ важен для оценки влияния механизма связывания влаги с сухим скелетом вещества на качество получаемого сухого продукта при снижении его влажности. Также полученный результат гигроскопического исследования плодов джекфрута необходимо учитывать и при принятии конструкторских решений для рационального осуществления технологических операций, включая операции по хранению и транспортировке.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Goswami, C. Jackfruit (*Artocarpus heterophylus*) / C. Goswami, R. Chacrabati // Nutritional composition of fruit cultivars / M. S. J. Simmonds, V. R. Preedy. – Academic Press, 2016. – P. 317–335. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00014-3.

2. Grimm, J. E. Characterization of the major odor-active compounds in jackfruit pulp / J. E. Grimm, M. Steinhaus // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2019. – Vol. 67, № 20. – P. 5838–5846. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01445.

3. Rana, S. S. Variation in properties of tender jackfruit during different stages of maturity / S. S. Rana, R. C. Pradhan, S. Mishra // Journal of Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 55, № 6. – P. 2122–2129. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-018-3127-9.

4. Рынок сухофруктов в России: 3 региона, контролирующих рынок сухофруктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://marketing.rbc.ru/articles/10574/. – Дата обращения: 25.07.2019.

5. Saxena, J. Drying kinetics and moisture diffusivity study of ripe Jackfruit / J. Saxena, K. K. Dash // International Food Research Journal. – 2015. – Vol. 22, № 1. – P. 414–420.

6. Алексанян, И. Ю. Высокоинтенсивная сушка пищевых продуктов. Пеносушка. Теория. Практика. Моделирование: монография / И. Ю. Алексанян, А. А. Буйнов. – Астрахань : АГТУ, 2004. – 380 с.

7. Eco-friendly extraction and physicochemical properties of pectin from jackfruit peel waste with subcritical water / W.-J. Li, Z.-G. Fan, Y.-Y. Wu [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2019. – Vol. 99, № 12. – P. 5283–5292. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.9729.

8. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) peel: A better source of antioxidants and a-glucosidase inhibitors than pulp, flake and seed, and phytochemical profile by HPLC-QTOF-MS/MS / L. Zhang, Z.-C. Tu, X. Xie [et al.] // Food chemistry. – 2017. – Vol. 234. – P. 303–313. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.003.

9. Определение гигроскопических свойств и десорбционных параметров в технологии гранулирования пшеничной клейковины / Е. В. Фоменко, И. Ю. Алексанян, О. А. Петровичев [и др.] // Вестник Международной академии холода. – 2019. – № 2. – С. 86–94. DOI: https://doi.org/10.17586/1606-4313-2019-18-2-86-94.

10. Алексанян, И. Ю. Инновационные технологии переработки сырья растительного происхождения / И. Ю. Алексанян, Ю. А. Максименко Л. М. Титова // Инновационные технологии АПК России – 2014 : материалы II конференции в рамках Международного научно-технологического форума «Биоиндустрия – основа зеленой экономики, качества жизни и активного долголетия». – М., 2014. – С. 12–18.

11. Алексанян, И. Ю. Инновационные технологии переработки сырья растительного происхождения / И. Ю. Алексанян, Ю. А. Максименко // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: фундаментальные и прикладные аспекты : материалы V международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2015. – С. 115–119.

12. Гинзбург, А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А. С. Гинзбург. – М. : Пищевая промышленность, 1975. – 527 с.

13. Лыков, А. В. Сушка в химической промышленности / А. В. Лыков. – М. : Химия, 1970. – 499 с.

14. Effects of minimal processing technologies on jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.) quality parameters / L. M. Anaya-Esparza, G. A. González-Aguilar, J. A. Domínguez-Ávila [et al.] // Food and Bioprocess Technology. – 2018. – Vol. 11, № 9. – P. 1761–1774. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-018-2136-z.

15. Брунауер, С. Адсорбция газов и паров. Том 1. Физическая адсорбция / С. Брунауер. – М. : Государственное издательство иностранной литературы, 1948. – 754 с.

16. Wong, C. W. Production of spray-dried honey jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) powder from enzymatic liquefied puree / C. W. Wong, H. H. Tan // Journal of Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 54, № 2. – P. 564–571. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-017-2501-3.

17. Structural and functional properties of pectin extracted from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) waste: Effects of drying / R. Begum, Y. A. Yusof, M. G. Aziz [et al.] // International Journal of Food Properties. – 2017. – Vol. 20. – P. S190–S201. DOI: https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1295054.

18. Ultrasonic-microwave assisted extraction, characterization and biological activity of pectin from jackfruit peel / S.-Y. Xu, J.-P. Liu, X. Huang [et al.] // LWT – Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 90. – P. 577–582. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.007.

References

1. Goswami C, Chacrabati R. Jackfruit (*Artocarpus heterophylus*). In: Simmonds MSJ, Preedy VR, editors. Nutritional composition of fruit cultivars. Academic Press; 2016. 317–335 p. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00014-3.

2. Grimm JE, Steinhaus M. Characterization of the major odor-active compounds in jackfruit pulp. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2019;67(20):5838–5846. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b01445.

3. Rana SS, Pradhan RC, Mishra S. Variation in properties of tender jackfruit during different stages of maturity. Journal of Food Science and Technology. 2018;55(6):2122–2129. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-018-3127-9.

4. Rynok sukhofruktov v Rossii: 3 regiona, kontroliruyushchikh rynok sukhofruktov [Dried fruit market in Russia: three regions that control the dried fruit market] [Internet]. [cited 2019 Jul 25]. Available from: https://marketing.rbc.ru/articles/10574/.

5. Saxena J, Dash KK. Drying kinetics and moisture diffusivity study of ripe Jackfruit. International Food Research Journal. 2015;22(1):414–420.

6. Aleksanyan IYu, Buynov AA. Vysokointensivnaya sushka pishchevykh produktov. Penosushka. Teoriya. Praktika. Modelirovanie: monografiya [High intensity food drying. Foam dryer. Theory. Practice. Modeling: Monograph]. Astrakhan: Astrakhan State Technical University; 2004. 380 p. (In Russ.).

7. Li W-J, Fan Z-G, Wu Y-Y, Jiang Z-G, Shi R-C. Eco-friendly extraction and physicochemical properties of pectin from jackfruit peel waste with subcritical water. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2019;99(12):5283–5292. DOI: https://doi.org/10.1002/jsfa.9729.

8. Zhang L, Tu Z-C, Xie X, Wang H, Wanga H, Wang Z-X, et al. Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) peel: A better source of antioxidants and a-glucosidase inhibitors than pulp, flake and seed, and phytochemical profile by HPLC-QTOF-MS/MS. Food chemistry. 2017;234:303–313. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.05.003.

9. Fomenko EV, Aleksanyan IYu, Petrovichev OA, Lysova VN. Determination of hygroscopic properties and desorption parameters in the technology of wheat gluten granulation. Journal of International Academy of Refrigeration. 2019;(2):86–94. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17586/1606-4313-2019-18-2-86-94.

10. Aleksanyan IYu, Maksimenko YuA, Titova LM. Innovatsionnye tekhnologii pererabotki syr′ya rastitel′nogo proiskhozhdeniya [Innovative technologies for processing raw materials of plant origin]. Innovatsionnye tekhnologii APK Rossii – 2014: materialy II konferentsii v ramkakh Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnologicheskogo foruma 'Bioindustriya – osnova zelenoy ehkonomiki, kachestva zhizni i aktivnogo dolgoletiya' [Innovative Technologies in the Agricultural Sector of Russia – 2014: Proceedings of the II Conference at the International Science and Technology Forum 'Bioindustry as the basis for a green economy, quality of life, and active longevity']; 2014; Moscow. Moscow, 2014. p. 12–18. (In Russ.).

11. Aleksanyan IYu, Maksimenko YuA. Innovatsionnye tekhnologii pererabotki syr′ya rastitel′nogo proiskhozhdeniya [Innovative technologies for processing raw materials of plant origin]. Innovatsionnye pishchevye tekhnologii v oblasti khraneniya i pererabotki sel′skokhozyaystvennogo syr′ya: fundamental′nye i prikladnye aspekty: Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Innovative Food Technologies in the Field of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials: Fundamental and Applied Aspects: Materials of the V International Scientific and Practical Conference]; 2015. Voronezh. Voronezh, 2015. p. 115–119. (In Russ.).

12. Ginzburg AS. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevykh produktov [Fundamentals of the theory and technique of drying food products]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost; 1975. 527 p. (In Russ.).

13. Lykov AV. Sushka v khimicheskoy promyshlennosti [Drying in the chemical industry]. Moscow: Khimiya; 1970. 499 p. (In Russ.).

14. Anaya-Esparza LM, González-Aguilar GA, Domínguez-Ávila JA, Olmos-Cornejo JE, Pérez-Larios A, Montalvo-González E. Effects of minimal processing technologies on jackfruit (Artocarpus heterophyllus Lam.) quality parameters. Food and Bioprocess Technology. 2018;11(9):1761–1774. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-018-2136-z.

15. Brunauer S. Adsorbtsiya gazov i parov. Tom 1. Fizicheskaya adsorbtsiya [Adsorption of gases and vapors. Vol. 1. Physical adsorption]. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel′stvo inostrannoy literatury; 1948. 754 p. (In Russ.).

16. Wong CW, Tan HH. Production of spray-dried honey jackfruit (Artocarpus heterophyllus) powder from enzymatic liquefied puree. Journal of Food Science and Technology. 2017;54(2):564–571. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-017-2501-3.

17. Begum R, Yusof YA, Aziz MG, Uddin MB. Structural and functional properties of pectin extracted from jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) waste: Effects of drying. International Journal of Food Properties. 2017;20:S190–S201. DOI: https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1295054.

18. Xu S-Y, Liu J-P, Huang X, Du L-P, Shi F-L, Dong R, et al. Ultrasonic-microwave assisted extraction, characterization and biological activity of pectin from jackfruit peel. LWT – Food Science and Technology. 2018;90:577–582. DOI: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.007.

Сведения об авторах

Нгуен Тхи Сен
аспирант кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, тел.: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: albert909@yandex.ru

Алексанян Игорь Юрьевич
д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, тел.: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: 16081960igor@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-5494-1226

Нугманов Альберт Хамед-Харисович
д-р. техн. наук, доцент, профессор кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, тел.: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: albert909@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-4093-9982

Information about the authors

Thi Sen Nguyen
Postgraduate Student of the Department of Technological Machines and Machinery, Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia phone: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: albert909@yandex.ru

Igor Yu. Aleksanian
Dr.Sci.(Eng.), Professor, Professor of the Department of Technological Machines and Machinery, Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia phone: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: 16081960igor@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-5494-1226

Albert H.-H. Nugmanov
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technological Machines and Machinery, Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia phone: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: albert909@yandex.ru
https://orcid.org/0000-0002-4093-9982

Титова Любовь Михайловна
канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», 414056, Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, тел.: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: titovalyubov@mail.ru

Lyubov M. Titova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technological Machines and Machinery, Astrakhan State Technical University, 16, Tatishcheva Str., Astrakhan, 414056, Russia phone: +7 (8512) 61-41-91, e-mail: titovalyubov@mail.ru

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-621-628
Оригинальная статья
УДК 664:642.58
http://fptt.ru/

О жировой составляющей питания дошкольников

С. Н. Петрова*, А. Р. Ещенко, Е. М. Минеева

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

**e-mail: psn903@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 16.07.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

© С. Н. Петрова, А. Р. Ещенко, Е. М. Минеева, 2019

Аннотация.
Введение. Анализ питания детей-дошкольников, поиск путей его оптимизации по энергетической и пищевой ценности, а также сбалансированности, соответствующих возрастным физиологическим нормам, является актуальной задачей. Рацион питания детей должен обеспечивать физиологические потребности растущего организма в энергии, макро- и микроэлементах, минорных и биологически активных веществах, т. к. именно питание определяет здоровье человека с ранних лет жизни, перспективы формирования трудоспособного, репродуктивного, интеллектуального и жизненного потенциала страны.
Объекты и методы исследования. В статье представлен анализ дневного рациона питания детей дошкольного возраста (3–7 лет) на примере дошкольной образовательной организации города Иваново (группы круглосуточного пребывания). Проведена оценка соответствия рациона суточным физиологическим нормам питания на основе анализа меню-раскладок. Физиологическую полноценность жировой составляющей рациона оценивали по показателю «абсолютного отклонения от ФППЖ (физиологически полноценного пищевого жира)», который для «идеального» жира имеет нулевое значение, и по соотношению полиненасыщенных жирных кислот линолевой и α-линоленовой, которое должно составлять 5–10:1.
Результаты и их обсуждение. Показано, что калорийность дневного рациона выше нормы на 6 %. В питании детей имеется недостаток пищевых волокон и избыток жиров. При оценке качественного состава жирового компонента суточного рациона выявлено, что в питании детей имеется существенный недостаток полиненасыщенных жирных кислот. В работе предложена корректировка рациона питания дошкольников: подсолнечное масло частично заменить на льняное, вафли с жировой начинкой заменить на аналог с фруктовой начинкой, незначительно снизить долю сливочного масла, добавить в рацион капсулированный рыбий жир.
Выводы. В результате оптимизации содержание жира в рационе снизилось на 12 %. Соотношение эссенциальных полиненасыщенных жирных кислот ω-6 и ω-3 составило 7,8:1, что соответствует нормативным параметрам.

Ключевые слова. Жирно-кислотный состав, питание, диета, полиненасыщенные жирные кислоты, энергетическая ценность, калорийность

Для цитирования: Петрова, С. Н. О жировой составляющей питания дошкольников / С. Н. Петрова, А. Р. Ещенко, Е. М. Минеева // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 621–628. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-621-628.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Fat Content in Preschoolers' Diet

S.N. Petrova*, A.R. Yeshchenko, E.M. Mineeva

Ivanovo State University of Chemistry and Techology, 7, Sheremetevsky Ave., Ivanovo, 153000, Russia

**e-mail: psn903@mail.ru*

Received: July 16, 2019
Accepted: November 15, 2019

© S.N. Petrova, A.R. Yeshchenko, E.M. Mineeva, 2019

Abstract.
Introduction. It is healthy and balanced nutrition that determines human health from childhood, thus forming able-bodied, reproductive, intellectual, and vital potential of the country. Therefore, children's diet should take into consideration the physiological needs of the growing organism for energy, macro and microelements, minor and biologically active substances. The research featured

the diet of preschoolers. The paper describes an attempt to optimize the energy, nutritional value, and balance according to the physiological norms.
Study objects and methods. The research involved preschoolers aged 3–7 from a local nursery boarding school (Ivanovo, Russia). Based on the analysis of the menu, the authors assessed its diet compliance with the daily physiological nutrition norms. The fat content of the daily ration was assessed, first, according to the absolute deviation from physiologically complete dietary fat. The index has a zero value for fat proper. The second index was the ratio of polyunsaturated linoleic and α-linolenic fatty acids, which should be 5–10:1.
Results and discussion. The daily caloric intake exceeded the norm by 6 %. The diet lacked dietary fiber and was too rich in fat. As for the qualitative composition of the fat content, the children's diet showed a significant deficit of polyunsaturated fatty acids. The authors proposed to partially replace sunflower oil with flaxseed, substitute the fatty filling in the waffles with fruit filling, slightly reduce the proportion of butter, and add encapsulated fish oil.
Conclusion. As a result of the optimization, the fat content in the diet decreased by 12%; the ratio of essential polyunsaturated fatty acids ω-6 and ω-3 was 7.8:1, which corresponds to the standard parameters.

Keywords. Fatty acid composition, nutrition, diet, polyunsaturated fatty acids, energy value, calorie content

For citation: Petrova SN, Yeshchenko AR, Mineeva EM. Fat Content in Preschoolers' Diet. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):621–628. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-621-628.

Введение

Питание является основополагающим фактором, определяющим здоровье человека с ранних лет жизни. Особого внимания требует организация питания детей, школьников, подростков, т. к. именно состояние здоровья детей определяет перспективы формирования трудоспособного, репродуктивного, интеллектуального и жизненного потенциала страны [1–3]. Рацион питания ребенка должен быть сбалансирован по содержанию основных пищевых веществ, обеспечивать физиологические потребности растущего организма в энергии, макро- и микроэлементах, минорных и биологически активных веществах [4, 5].

Важную роль в питании детей играют жиры (липиды). Если жизнь – способ существования белковых тел, то жирные кислоты (ЖК) в форме неполярных и полярных липидов обеспечивают все условия этого существования. Они влияют на процессы роста и развития организма, являются структурным компонентом элементов клетки (мембраны, ядра и цитоплазмы) и субклеточных органелл, нормализуют работу репродуктивной функции, обеспечивают всасывание из кишечника ряда минеральных веществ, влияют на усвоение необходимых для жизнедеятельности организма жирорастворимых витаминов [6]. Мозг практически на 60 % состоит из жиров. Из них 35 % приходится на полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК). Основными жирными кислотами головного мозга и зрительного анализатора являются длинноцепочечные ПНЖК – арахидоновая и докозагексаеновая, которые в сумме составляют от 25 до 60 % в составе фосфолипидов этих отделов центральной нервной системы [7, 8]. В случае недостаточного количества необходимых мозгу жиров начинает меняться его структура, что приводит к ряду отклонений в работе этого органа и всего организма. Особую роль играют линолевая ω-6 (C18:2) и α-линоленовая ω-3 (C18:3) полиненасыщенные жирные кислоты, которые не синтезируются в организме и должны обязательно поступать с пищей [9]. Они необходимы для нормального функционирования сердечно-сосудистой и иммунной систем, ингибируют воспалительные процессы в организме, обеспечивают нормальное развитие и поддержание баланса между физиологическими и патологическими процессами в растущем организме [10, 11]. Именно эти ПНЖК являются предшественниками двух больших семейств длинноцепочечных ПНЖК ω-6 (линолевая, γ-линоленовая и арахидоновая кислоты) и ω-3 (α-линоленовая, эйкозапентаеновая (ЭПК) и докозагексаеновая (ДГК) кислоты), которые обеспечивают не только уникальные свойства клеточных мембран, но и являются предшественниками биосинтеза эйкозаноидов – универсальных медиаторов клеточного метаболизма [12]. При дефиците ω-3 ПНЖК происходит снижение концентрации ДГК в ткани мозга, уменьшается содержание допамина и серотонина, размеры клеток-нейронов, ухудшаются такие показатели, как острота зрения и зрительная память, происходит ограничение познавательных способностей. Ряд фундаментальных и клинических исследований выявил корреляцию между дефицитом ω-3 ПНЖК и риском развития синдрома дефицита внимания с гиперактивностью. Дополнительное включение в рацион питания детей дошкольного возраста рыбьего жира как источника ω-3 ПНЖК способствует улучшению некоторых когнитивных функций (память, внимание), перцептивных и координаторных навыков [13–15].

Цель настоящей работы – качественная оценка жировой составляющей структуры питания детей дошкольного возраста в дошкольной образовательной организации.

Объекты и методы исследования

Исследование проводилось на базе дошкольного учреждения г. Иваново (группы круглосуточного пребывания детей 3–7 лет). Меню суточного рациона

Таблица 1. Макронутриентный состав и калорийность дневного рациона дошкольников

Table 1. Macronutrient composition and daily calorie intake of preschoolers

Показатель	Значение (n = 10)	Физиологическая норма [3]	Степень суточного удовлетворения, %
Белки, г	54,7 ± 2,2	54	101,2
Жиры, г	69,1 ± 2,5	60	115,1
Углеводы, г	268,5 ± 3,1	261	102,9
Пищевые волокна, г	7,7 ± 0,8	10	77,0
Энергетическая ценность, ккал	1907,5 ± 9,1	1800	105,9

анализировали по количеству продуктов, отраженных в меню-раскладках за 10 дней. Структура дневного рациона включала завтрак, второй завтрак, обед, полдник, ужин и второй ужин.

Оценку сбалансированности питания детей проводили на основании методических рекомендаций «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» [4].

Физиологическую полноценность жировой составляющей дневного рациона оценивали по двум параметрам. Показатель «абсолютного отклонения от ФППЖ (физиологически полноценного пищевого жира)» – Δ, показывающий отклонение соотношения жирных кислот в жировом продукте (или наборе продуктов) от нормативного соотношения согласно МР 2.3.1.2432-08, рассчитывали по формуле:

$$\Delta = \sum_{i=1}^{3} \Delta i$$

где Δi – модуль разницы между реальным и нормативным показателем для насыщенных жирных кислот (НЖК), мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) и ПНЖК [16].

Жирно-кислотный состав жирового компонента рациона будет тем ближе к ФППЖ, чем ближе к нулю показатель Δ. Также рассчитывали соотношение ПНЖК ω-6:ω-3, которое для ФППЖ составляет 5–10:1.

Обработку данных проводили в программе Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Анализ суточного рациона дошкольников по макронутриентам представлен в таблице 1. Дневной калораж практически соответствует норме, имеется незначительное превышение на 6 %. Существенно не хватает в рационе пищевых волокон – более 20 %. Содержание жира в рационе превышает норму на 15 % и составляет 69,1 г. На избыточное содержание жира в детском питании и на проблемы, связанные с этим, обращают внимание многие авторы [17, 18].

Важным является не только количество жирового компонента в рационе, но и его жирно-кислотный состав. Жиры должны покрывать 30 % суточной калорийности. Доля насыщенных жирных кислот должна быть не более 10 %, мононенасыщенных – 10 %. Доля полиненасыщенных жирных кислот должна составлять 5–14 % от калорийности суточного рациона. Физиологическая потребность в омега-6 и омега-3 жирных кислотах для детей – 4–12 % и 1–2 % от калорийности суточного рациона соответственно [4]. В ряде исследований выведена формула рационального жирно-кислотного состава ФППЖ, в соответствии с которой в нем должны содержаться насыщенные, мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты в соотношении 1:1:1 (отклонение Δ = 0). Оптимальным отношением жирных кислот семейств ω-6 и ω-3 является 5–10:1 [19].

Если суточная норма жиров для детей 3–7 лет составляет 60 г, то количество НЖК, МНЖК и ПНЖК должно быть приблизительно по 20 г. В таблице 2 представлены результаты качественной

Таблица 2. Жирно-кислотный состав рациона дошкольников

Table 2. Fatty acid composition of the preschoolers' diet

Показатели	Среднее значение (n = 10)	Доля от суточной калорийности, %	Физиологическая норма	
			% от суточной калорийности	в граммах
НЖК, г	31,34 ± 5,78	14,8	не более 10	≤ 20
МНЖК, г	24,97 ± 2,40	–	10	20
ПНЖК, г	9,86 ± 2,51	4,7	5–14	10–28
ω-6, г	9,41 ± 1,85	4,4	4–12	8–24
ω-3, г	0,45 ± 0,1	0,2	1–2	2–4
Соотношение НЖК:МНЖК:ПНЖК	3,2:2,5:1		1:1:1	
Показатель Δ	3,7		0	
Соотношение ω-6:ω-3	20,9:1		5–10:1	

Таблица 3. Жировой компонент одного дня детского меню

Table 3. Fat content in the 24-hour children's menu

Прием пищи	Наименование блюд, содержащих жиры	Количество жира, г	
		в блюде	в приеме пищи
Завтрак	Каша манная молочная с маслом, сахаром (200 г)	7,6	20,4
	Кофейный напиток на сгущенном молоке (200 г)	3,4	
	Хлеб пшеничный с маслом (40/10 г)	9,4	
Обед	Суп картофельный с курицей (200 г)	6,7	19,8
	Капуста тушеная с курицей, маслом (200 г)	12,5	
	Хлеб ржаной (50 г)	0,6	
Полдник	Вафли (40 г)	10,4	13,1
	Какао молочный сладкий (200 г)	2,7	
Ужин	Картофельное пюре с маслом (140 г)	4,6	15,0
	Салат из сельди и зеленого горошка с растительным маслом (60 г)	9,3	
	Хлеб пшеничный (40 г)	1,2	
Общее количество за день, г			68,3
Физиологическая норма, г			60

оценки жирового компонента суточного рациона детей. Насыщенных жирных кислот больше нормы в 1,5 раза, их энергетическая квота составляет 14,8 % суточной калорийности. Содержание полиненасыщенных жирных кислот снижено практически в 2 раза. Следует отметить, что если количество ПНЖК омега-6 соответствует нижней границе нормы, то омега-3 в недостатке более чем в 5 раз.

С целью оптимизации жирно-кислотного состава детского меню более подробно рассмотрим жировую составляющую одного дня питания (табл. 3 и 4), в составе которого присутствовала рыба. Расчеты проводили согласно рецептурам, содержащимся в технологических картах ДОУ, с использованием справочных данных [20, 21]. Структура жировой составляющей дневного меню одного дня идентична выше представленной за десять дней (табл. 2). Как было отмечено выше, среди ПНЖК (около 80 % от дневной нормы) имеется недостаток ω-3 жирных кислот. Проблему обогащения рациона необходимыми нутриентами можно решить двумя способами: использование пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище (БАД). Для улучшения биологической эффективности рациона дошкольников следует снизить общее содержание жира, при этом долю НЖК и МНЖК – уменьшить и увеличить долю ПНЖК, особенно жирных кислот омега-3.

В работе предложены следующие корректировки дневного рациона: 1) добавить употребление капсул рыбьего жира в дозировке 3 капсулы по 0,5 г; 2) заменить подсолнечное масло на льняное в двух блюдах рациона (суп картофельный с курицей; салат из сельди и зеленого горошка с растительным маслом); 3) заменить вафли с жировой начинкой на вафли с фруктовой начинкой; 4) снизить количество сливочного масла в блюде «Хлеб пшеничный с маслом» на 1 г (данное предложение вполне допустимо, т. к. общее количество сливочного масла в дневном рационе (23 г) превышает нормативное значение (21 г)).

Жирно-кислотный состав продуктов, предлагаемых ввести в состав дневного рациона, представлен в таблице 5. Включение в питание детей рыбьего жира в качестве БАД позволяет обогатить их рацион необходимыми ПНЖК [22]. Использование льняного масла в оптимизации рационально, т. к. оно отличается от подсолнечного более высоким содержанием линоленовой кислоты и сравнительно небольшим количеством линолевой [23]. Основным компонентом жировой начинки вафель является кондитерский жир, являющийся одним из основных источников транс-изомеров

Таблица 4. Жирно-кислотный состав одного дня питания детей (реальный и оптимизированный)

Table 4. Fatty acid content of the 24-hour children's menu (actual vs. improved)

Показатели	Завтрак	Обед	Полдник	Ужин	Общее количество	Физиологическая норма
НЖК, г	11,6	5,6	4,2	4,7	26,1 (23,1)*	20
МНЖК, г	6,1	7,1	7,4	4,9	25,5 (19,0)*	20
ПНЖК, г	0,6	4,1	0,4	2,8	7,9 (7,0)*	20
ω-6, г	0,51	3,93	0,38	2,71	7,54 (6,2)*	18
ω-3, г	0,09	0,17	0,02	0,08	0,36 (0,8)*	2
Соотношение НЖК:МНЖК:ПНЖК	3,3:3,2:1					1:1:1
Показатель Δ	4,5 (4,0)*					0
Соотношение ω-6:ω-3	20,9:1 (7,8:1)*					5–10:1

* в скобках указаны значения для оптимизированного рациона;

* values for the improved diet are given in brackets.

Таблица 5. Жирно-кислотный состав компонентов рациона, %

Table 5. Fatty acid content of the diet,%

Жирные кислоты	Масло растительное		Рыбий жир	Вафли	
	Подсолнечное	Льняное		Жировая начинка	Фруктовая начинка
Насыщенные					
C14:0	–	–	3,6	1,3	–
C16:0	6,2	8,4	10,6	3,0	–
C18:0	4,1	5,3	2,8	2,8	–
C20:0	0,3	0,7	–	–	–
Мононенасыщенные					
C14:1	–	–	–	–	–
C16:1	–	0,1	8,3	–	–
C18:1	23,7	31,0	20,7	60,3	–
C20:1	–	–	10,4	–	–
Полиненасыщенные					
C18:2	59,8	19,2	0,9	4,3	–
C20:3	–	48,5	0,9	–	–

жирных кислот, потребление которых способствует повышению концентрации в крови липопротеинов низкой плотности, понижению концентрации липопротеинов высокой плотности и другим негативным последствиям [7, 24]. Химический состав вафель с жировой и фруктовой начинками представлен в таблице 6. Поскольку в вафлях с фруктовой начинкой доля жира составляет всего 1 %, то при расчете результатов оптимизации жирно-кислотный состав фруктовой начинки не учитывали.

Предложенное моделирование жирового компонента суточного рациона позволило снизить общее содержание жира и суточную калорийность. Жирно-кислотный состав оптимизированного рациона представлен в таблице 4, где видно, что за счет понижения общего содержания жира снизилась доля всех ЖК. Хотя полиненасыщенных жирных кислот все-таки не хватает, структура жирового компонента существенно изменилась в лучшую сторону. Количество эссенциальной ПНЖК ω-3 и ее энергетическая квота увеличились более чем в 2 раза. Снизилось содержание насыщенных жирных кислот. Их энергетическая квота составила 11 %. Соотношение линолевой и α-линоленовой кислот в оптимизированной пищевой системе соответствует нормативным параметрам. В качестве оценки жировой составляющей рациона можно рассчитать индекс ω-3 как отношение этой ПНЖК к общему содержанию жира. Этот показатель увеличился с 0,5 % (исходный рацион) до 1,3 % (оптимизированный), в то время как нормативный показатель составляет 3,3 %. В таблице 7 представлен химический состав предлагаемого рациона питания дошкольников. По сравнению с исходным снижено содержание жира на 12 %. Увеличено содержание углеводов и пищевых волокон на 4,5 и 2,5 % за счет включения в меню вафель с фруктовой начинкой.

Таблица 6. Химический состав вафель [21]

Table 6. Chemical composition of the waffles [21]

Показатель, в 100 г продукта	Вафли с начинкой	
	жировой	фруктовой
Белки, г	7,0	3,0
Жиры, г	26,0	1,0
Углеводы, г	62,0	82,0
Энергетическая ценность, ккал	510	349

Таблица 7. Макронутриентный состав оптимизированного рациона

Table 7. Macronutrient composition of the improved diet

Показатель	Значение	Степень суточного удовлетворения, %
Белки, г	54,4	100,8
Жиры, г	60,2	100,3
Углеводы, г	281,9	108,0
Пищевые волокна, г	7,9	79
Энергетическая ценность, ккал	1886,8	104,8

Выводы

Таким образом, питание в ДОУ достаточно рационально по основным пищевым веществам и энергетической ценности. Среди макронутриентов именно по жирам имеется наибольшее превышение нормативных значений. В питании детей существенно не хватает полиненасыщенных жирных кислот, особенно омега-3. Предлагаемая корректировка рациона питания дошкольников позволяет снизить долю жиров примерно на 12 % и значительно улучшить качество жировой составляющей: понизилась доля насыщенных

жирных кислот (их энергетическая квота практически соответствует норме) при одновременном увеличении количества полиненасыщенных жирных кислот ω-3; соотношение эссенциальных ПНЖК линолевой и α-линоленовой составило 7,8:1, что соответствует нормативному.

Критерии авторства

Авторы статьи, С. Н. Петрова, А. Р. Ещенко, Е. М. Минеева, внесли равнозначный вклад в концепцию и дизайн представленного исследования; в получение и анализ данных, их интерпретацию. Авторы в равном соотношении готовы нести ответственность за все аспекты работы и гарантировать соответствующее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью всех частей работы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

S.N. Petrova, A.R. Yeshchenko, and E.M. Mineeva are the authors of the present article. They declare that they made an equal contribution to the concept and design of the presented study, as well as in obtaining, analyzing, and interpreting the data. The authors are ready to bear equal responsibility for all aspects of the research and guarantee appropriate consideration and resolution of issues related to the accuracy and integrity of all parts of the paper.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Добрынина, Н. А. Питание как основополагающий компонент в формировании физического и психического здоровья дошкольника / Н. А. Добрынина // Развитие современного образования: теория, методика и практика. – 2016. – Т. 7, № 1. – С. 271–273.

2. Гращенков, Д. В. Расширение ассортимента кулинарной продукции для питания детей в детских дошкольных учреждениях / Д. В. Гращенков, О. В. Чугунова, Е. В. Пастушкова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1.

3. Важенина, А. А. Особенности домашних рационов выходного дня у дошкольников – воспитанников дошкольных образовательных организаций / А. А. Важенина, В. А. Петров, И. Л. Иванова // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2016. – Т. 65, № 3. – С. 45–48. DOI: https://doi.org/10.17238/PmJ1609-1175.2016.3.45-48.

4. 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, 2008. – 40 с.

5. Актуальность оценки пищевого статуса детей раннего и дошкольного возраста / Н. Е. Санникова, Т. В. Бородулина, Л. В. Левчук [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 1–8. – С. 1676–1679.

6. Становление в филогенезе липопротеинов низкой, очень низкой плотности и инсулина. Липотоксичность жирных кислот и липидов. Позиционные изомеры триглицеридов / В. Н. Титов, И. А. Востров, Ю. К. Ширяева [и др.] // Успехи современной биологии. – 2012. – Т. 132, № 5. – С. 506–526.

7. Шилина, Н. М. Экспертный взгляд на роль жиров в детском питании / Н. М. Шилина // Педиатрическая фармакология. – 2014. – Т. 11, № 1. – С. 38–42.

8. Макарова, С. Г. Современные представления о влиянии длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот на развитие нервной системы у детей / С. Г. Макарова, Е. А. Вишнева // Вопросы современной педиатрии. – 2015. – Т. 14, № 1. – С. 55–56.

9. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты и их роль в детском питании. Обзор литературы / Т. Э. Боровик, С. Г. Грибакин, В. А. Скворцова и [др.] // Вопросы современной педиатрии. – 2012. – Т. 11, № 4. – С. 21–28.

10. Ших, Е. В. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω-3 в профилактике заболеваний у взрослых и детей: взгляд клинической фармакологии / Е. В. Ших, А. А. Махова // Вопросы питания. – 2019. – Т. 88, № 2. – С. 91–100.

11. Макарова, С. Г. Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты классов ω-3 и ω-6 как эссенциальный нутриент в разные периоды детства / С. Г. Макарова, Е. А. Вишнева // Педиатрическая фармакология. – 2013. – Т. 10, № 4. – С. 80–88.

12. Субботина, М. А. Физиологические аспекты использования жиров в питании / М. А. Субботина // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – Т. 15, № 4. – С. 54–57.

13. Лихошва, О. Н. Гигиеническая оценка жирно-кислотного состава рационов питания детей 4–6 лет в соответствии с международными рекомендациями / О. Н. Лихошва, А. В. Славинский, В. Г. Цыганков // Здоровье и окружающая среда. – 2014. – Т. 1, № 24. – С. 251–254.

14. Питание и развитие мозга: роль длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот / Т. Э. Боровик, С. Г. Грибакин, Н. Г. Звонкова [и др.] // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2012. – Т. 91, № 2. – С. 67–73.

15. Громова, О. А. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислота и когнитивное развитие детей / О. А. Громова, И. Ю. Торшин, Е. Ю. Егорова // Вопросы современной педиатрии. – 2011. – Т. 10, № 1. – С. 66–72.

16. Петрова, С. Н. Методические аспекты оценки жирно-кислотного состава жиров на предмет их соответствия физиологически полноценному пищевому жиру / С. Н. Петрова, Н. В. Степычева, Н. А. Васина // Современные научные исследования и инновации. – 2017. – Т. 71, № 3. – С. 27–30.

17. Копытько, М. В. Оптимизация методов изучения фактического питания дошкольников, посещающих детские организованные коллективы / М. В. Копытько, И. Я. Конь, А. К. Батурин // Вопросы детской диетологии. – 2003. – Т. 1, № 4. – С. 9–12.

18. Назарова, Е. В. Питание детей, посещающих дошкольные образовательные учреждения / Е. В. Назарова // Медицинский альманах. – 2011. – Т. 17, № 4. – С. 188–190.

19. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л. Г. Ипатова, А. А. Кочеткова, А. П. Нечаев [и др.]. – М. : ДеЛи принт, 2009. – 394 с.

20. Скурихин, И. М. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

21. Скурихин, И. М. Химический состав пищевых продуктов / И. М. Скурихин, М. Н. Волгарева. – М. : Агропромиздат, 1987. – 360 с.

22. Титова, И. М. Оценка уровней потребления макронутриентов и энергетической ценности в рационах питания дошкольников в РФ и странах Европы / И. М. Титова, А. С. Куликова // Сборник научных трудов IV Всероссийской научной конференции «Инновации в технологии продуктов здорового питания» / Калининградский государственный технический университет. – Калининград, 2017. – С. 181–186.

23. Лихошва, О. Н. Оценка липидного компонента рационов детей дошкольного возраста и гигиенические аспекты оптимизации жирно-кислотного состава / О. Н. Лихошва, В. Г. Цыганков // Здоровье и окружающая среда. – 2016. – № 26. – С. 143–147.

24. Стрижевская, В. Н. Влияние структуроформирующей основы на качество батончиков мюсли / В. Н. Стрижевская, Е. П. Мирзаянова // Инновационная наука. – 2015. – Т. 7, № 7–1. – С. 61–63.

References

1. Dobrynina NA. Nutrition as a basic element of forming physical and psychological health of a preschooler. Modern education development theory techniques and practice. 2016;7(1):271–273. (In Russ.).

2. Graschenkov DV, Chugunova OV, Pastushkova EV. Expansion of the range of culinary products for nutrition of children in preschool institutions. Modern problems of science and education. 2015;(1–1). (In Russ.).

3. Vazhenina AA, Petrov VA, Ivanova IL. Home diet during weekends of preschool children. Pacific Medical Journal. 2016;65(3):45–48. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17238/PmJ1609-1175.2016.3.45-48.

4. MR 2.3.1.2432-08. Normy fiziologicheskikh potrebnostey v ehnergii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii [PR 2.3.1.2432–08. Norms of physiological requirements for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation]. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Surveillance of the Ministry of Health of Russia; 2008. 40 p.

5. Sannikova NE, Borodulina TV, Levchuk LV, Krasilova AV, Krylova LV. The relevance of assessing the nutritive status of early and preschool age children. Fundamental research. 2015;(1–8):1676–1679. (In Russ.).

6. Titov VN, Vostrov IA, Shiryaeva YuK, Kaba SI. Development of lipoproteins with low and very low density in phylogenesis and insulin functions. Lipotoxicity of fatty acids and lipids. Isomers of palmitic and oleic triglycerides. Biology Bulletin Reviews. 2012;132(5):506–526. (In Russ.).

7. Shilina NM. Expert view of the role of fats in pediatric nutrition. Pediatric Pharmacology. 2014;11(1):38–42. (In Russ.).

8. Makarova SG, Vishnyova YeA. Modern views on the impact of long-chain polyunsaturated fatty acids on the development of the child's nervous system. Current Pediatrics. 2015;14(1):55–63. (In Russ.).

9. Borovik TE, Gribakin SG, Skvortsova VA, Semenova NN, Stepanova TN, Zvonkova NG. Long-chain polyunsaturated fatty acids and their role in children nourishment. Current Pediatrics. 2012;11(4):21–28. (In Russ.).

10. Shikh EV, Makhova AA. Long-chain ω-3 polyunsaturated fatty acids in the prevention of diseases in adults and children: a view of the clinical pharmacologist. Problems of Nutrition. 2019;88(2):91–100. (In Russ.).

11. Makarova SG, Vishneva EA. Long-chain polyunsaturated ω-3 and ω-6 fatty acids as essential nutrients in different periods of childhood. Pediatric Pharmacology. 2013;10(4):80–88. (In Russ.).

12. Subbotina MA. Physiological aspects of the use of fats in the nourishment. Food Processing: Techniques and Technology. 2009;15(4):54–57. (In Russ.).

13. Likhashva ON, Slavinsky AV, Tsygankov VG. Hygienic assessment of fatty acids composition of the diet for children of 4–6 years old in accordance with international guidings. Health and Environment. 2014;1(24):251–254. (In Russ.).

14. Borovik TEh, Gribakin SG, Zvonkova NG, Skvortsova VA, Stepanova TN, Shmakova SG. Pitanie i razvitie mozga: rol′ dlinnotsepochechnykh polinenasyshchennykh zhirnykh kislot [Nutrition and brain development: the role of long chain polyunsaturated fatty acids]. Pediatria. Journal named after G.N. Speransky. 2012;91(2):67–73. (In Russ.).

15. Gromova OA, Torshin IYu, Yegorova YeYu. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cognitive development of children. Current Pediatrics. 2011;10(1):66–72. (In Russ.).

16. Petrova SN, Stepycheva NV, Vasina NA. The methodical aspects of assessment of fatty acid composition of fats regarding their compliance to physiologically full-fledged food fat. Modern scientific researches and innovations. 2017;71(3):27–30. (In Russ.).

17. Kopyt'ko MV, Kon' IYa, Baturin AK. Optimization of methods of studying actual diets of pre-school children attending children's organised groups. Pediatric Nutrition. 2003;1(4):9–12. (In Russ.).

18. Nazarova EV. The nutrition of children who attend preschool educational institutions. Medical Almanac. 2011;17(4):188–190. (In Russ.).

19. Ipatova LG, Kochetkova AA, Nechaev AP, Tutel′yan VA. Zhirovye produkty dlya zdorovogo pitaniya. Sovremennyy vzglyad [Fatty foods for a healthy diet. Contemporary insight]. Moscow: DeLi print; 2009. 394 p. (In Russ.).

20. Skurikhin IM, Tutel′yan VA. Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov: Spravochnik [Chemical composition of Russian food products: Manual]. Moscow: DeLi print; 2002. 236 p. (In Russ.).

21. Skurikhin IM. Volgareva MN. Khimicheskiy sostav pishchevykh produktov [Chemical composition of food]. Moscow: Agropromizdat; 1987. 360 p. (In Russ.).

22. Titova IM, Kulikova AS. Otsenka urovney potrebleniya makronutrientov i ehnergeticheskoy tsennosti v ratsionakh pitaniya doshkol′nikov v RF i stranakh Evropy [Assessment of macronutrient consumption levels and energy value in the diets of preschoolers in the Russian Federation and European countries]. Sbornik nauchnykh trudov IV Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii 'Innovatsii v tekhnologii produktov zdorovogo pitaniya' [Proceedings of the IV All-Russian Scientific Conference 'Innovations in the technology of healthy nutrition products']; 2017; Kaliningrad. Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University; 2017. p. 181–186. (In Russ.).

23. Likhashva VN, Tsygankov VG. Assessment of lipid component of the preschool children diet and hygienic aspects of optimization of the fatty acid composition. Health and Environment. 2016;(26):143–147. (In Russ.).

24. Strizhevskaya VN, Mirzayanova EP. Vliyanie strukturoformiruyushchey osnovy na kachestvo batonchikov myusli [Effect of the structure-forming basis on the quality of muesli bars]. Innovatsionnaya nauka [Innovation Science]. 2015;7(7–1):61–63. (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, пр. Шереметевский, 7, e-mail: psn903@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4288-7514

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

Минеева Елена Михайловна
магистрант кафедры технологии пищевых продуктов и биотехнологии, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 153000, Россия, г. Иваново, пр. Шереметевский, 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 Techology, 7, Sheremetevsky Ave., Ivanovo, 153000, Russia, e-mail: psn903@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-4288-7514

Anastasia R. Yeshchenko
Undergraduate of the Department of Food Technology and Biotechnology, Ivanovo State University of Chemistry and Techology, 7, Sheremetevsky Ave., Ivanovo, 153000, Russia

Elena M. Mineeva
Undergraduate of the Department of Food Technology and Biotechnology, Ivanovo State University of Chemistry and Techology, 7, Sheremetevsky Ave., Ivanovo, 153000, Russia

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-629-634
Оригинальная статья
УДК 664.7
http://fptt.ru/

Сравнительный анализ гликемического индекса амаранта и других продуктов без глютена

С. А. Урубков*, С. С. Хованская, С. О. Смирнов

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

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

Дата поступления в редакцию: 18.07.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

© С. А. Урубков, С. С. Хованская, С. О. Смирнов, 2019

Аннотация.
Введение. Основным способом лечения больных с непереносимостью глютена является диетотерапия. Однако у детей наблюдается дефицит многих важнейших компонентов пищи. Увеличивается риск возникновения аутоиммунных заболеваний, в особенности сахарного диабета I типа. Поэтому продукция для детей больных целиакией должна не только не содержать глютен, но и иметь адекватную биодоступность углеводов. В данной статье рассматривается химический состав амаранта, строение крахмальных зерен и его влияние на образование коллоидных растворов и атакуемость ферментами. Приводятся данные гликемического индекса амаранта и продуктов его переработки в сравнении с аналогичными значениями других безглютеновых культур (рис, гречиха, кукуруза).
Объекты и методы исследования. В работе исследовали: нативное зерно амаранта (*Amaranthus cruentus*), выращенное в штате Мехико, Мексика; зерно амаранта взорванное, произведено в г. Несауалькойотль, Мексика; амарантовую муку «Крупчатка», Мексика.
Результаты и их обсуждение. Зерно амаранта и получаемые из него продукты имеют высокий гликемический индекс по сравнению с другим безглютеновым зерновым сырьём. В нативном зерне амаранта гликемический индекс составил 87, во взорванном – 101, «крупчатке» – 97. Крахмал амаранта имеет высокую скорость переваривания организмом, что объясняется высоким содержанием амилопектина (от 88 до 98 %), который расщепляется быстрее, чем амилоза. Относительно малый размер крахмальных гранул (от 1,5 до 3,0 мкм) способствует увеличению атакуемости ферментами. Такие свойства характеризуют крахмал амаранта как гликемический или низкоустойчивый. Он легко переваривается и имеет низкую склонностью к ретроградации.
Выводы. Безглютеновые продукты с использованием зерна амаранта могут внести свой вклад в улучшение качества питания детей с непереносимостью глютена, благодаря своим уникальным питательным и функциональным свойствам. Однако, поскольку крахмал амаранта и продуктов его переработки обладает высоким гликемическим индексом, необходимо уделять внимание процентному соотношению данных компонентов в рецептурных смесях, подбору дополнительных компонентов и их влияние на общий гликемический индекс.

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

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена за счёт 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. 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.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Comparative Analysis of the Glycemic Index of Amaranth and Other Gluten-Free Products

S.A. Urubkov*, S.S. Khovanskaya, S.O. Smirnov

V.M. Gorbatov Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences,
22, Izmailovo settlement, Leninsky district, Moscow region, 142718, Russia

Received: July 18, 2019

Accepted: October 15, 2019

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

© S.A. Urubkov, S.S. Khovanskaya, S.O. Smirnov, 2019

Abstract.
Introduction. For patients with gluten intolerance, diet therapy is the main method of treatment. However, gluten-free diets are found lacking in many important components. Children that fail to consume neccessary nutrients or have problems with their absorption tend to be physically retarded. Gluten-free diet may increase the risk of autoimmune diseases, especially type I diabetes. Therefore, products for children with celiac diseases should be both gluten-free and have adequate bioavailability of carbohydrates. This article features the chemical composition of amaranth, the geometric structure of starch grains, and its effect on the formation of colloidal solutions. It also compares the glycemic index (GI) of amaranth with other gluten-free grains, i.e. rice, buckwheat, and corn.
Study objects and methods. The research featured native amaranth grain (*Amaranthus cruentus*) (Mexico), puffed amaranth kernels (Mexico), and coarse granular amaranth flour (Mexico).
Results and discussion. Amaranth grain contains 12.5–23% of protein, 50.7–77.0% of carbohydrates, 6.0–8.0% of lipids, 10.5–18.3% of dietary fiber, and 2.5–3.5% of minerals. The GI of amaranth and its products were compared with similar values of other gluten-free crops, namely rice, buckwheat, and corn. Amaranth grain and its products demonstrated a higher GI, if compared with other gluten-free grain raw materials. The GI of amaranth grain was 87, the GI of the puffed amaranth kernels was 101, and the GI of the coarse granular amaranth flour was 97. Amaranth starch is easy to digest, which is mainly due to the high content of amylopectin (88 to 98%), since amylopectin breaks down faster than amylose. The relatively small size of starch granules (1.5–3.0 microns) increases the attack capacity of enzymes. These properties make amaranth starch glycemic, or low-resistant, which means that amaranth is easily digested and possesses stability to retrogradation.
Conclusion. The unique nutritional and functional properties of amaranth gluten-free products can significantly improve the diet of children with gluten intolerance. However, amaranth starch and its products have a high GI. Hence, it is necessary to control the percentage of these components in formulations and be careful with the selection of additional components and their impact on the total GI.

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. 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.

Введение

В структуре заболеваний детского возраста болезни органов пищеварения занимают существенное место как по распространенности, так и по тяжести клинических проявлений.

Целиакия – иммуноопосредованное, генетически детерминированное системное заболевание, возникающее в ответ на употребление глютена или соответствующих проламинов и характеризующееся развитием атрофической энтеропатии, появлением в сыворотке крови специфических антител и широким спектром глютензависимых клинических проявлений. Код Международной классификации болезней 10 пересмотра: К90.0 – целиакия [1].

У детей на фоне соблюдения безглютеновой диеты наблюдается дефицит макро- и микронутриентов, поступающих в организм с продуктами на зерновой основе: калия, селена, магния, а также витаминов группы В. Снижается поступление клетчатки, отмечается высокое потребление гидрогенизированных жиров.

В настоящее время в мировой практике существует широкий выбор глютен не содержащих продуктов (gluten free products), в которых в качестве базовых ингредиентов используются безглютеновые злаки, такие как рис, гречиха, кукуруза, амарант и др.

Вызывает интерес зарубежный опыт использования безглютеновых зерновых и амаранта в продуктах детского питания в связи с высоким содержанием белка, полиненасыщенных жирных кислот, биологически активных и минеральных веществ. Необходимо отметить, что белок амаранта не вызывает аллергических реакций [2, 3].

При целиакии к признакам поражения желудочно-кишечного тракта присоединяются симптомы расстройств функций различных органов и систем, развиваются заболевания, в том числе связанные со снижением потребления зерновых культур и увеличением потребления обработанных пищевых продуктов. Одним из таких заболеваний является сахарный диабет I типа. Даже при строгом соблюдении безглютеновой диеты более 5 лет риск возникновения аутоиммунных заболеваний (в особенности сахарного диабета I типа) остается повышенным. Это необходимо учитывать при составлении рациона питания больного ребёнка [4].

Таким образом, существует необходимость изучения степени и скорости усвоения углеводов

безглютенового сырья, в частности амаранта и продуктов его переработки, при разработке и их использовании в продуктах питания детей больных целиакией.

В 1981 году Дженкинс и др. представили концепцию гликемического индекса (ГИ), которая позволяет классифицировать продукты в соответствии с уровнем гликемического ответа по сравнению с эталонным продуктом [5].

Использование ГИ необходимо, чтобы классифицировать продукты в соответствии с их способностью повышать уровень глюкозы в крови. Иными словами, ГИ выражает то количество глюкозы, которое образуется при переваривании продукта. Можно сказать, что ГИ показывает степень биодоступности углеводов в продукте при их усвоении организмом в форме глюкозы.

Ошибочно мнение, что ГИ выражает скорость усваивания углеводов. В этом понимании все углеводы в продукте при переваривании будут преобразованы в глюкозу. Чем ниже ГИ продукта, тем медленнее будет проходить их всасывание. Таким образом, ГИ нужен лишь для измерения длительности всасывания глюкозы, полученной из продукта питания. Это не соответствует физиологии человека. Все исследования, связанные с гликемическими индексами, показали, что низкий ГИ продукта означает, что при его переваривании организм получает и усваивает меньшее количество глюкозы.

Таким образом, исследование данных о гликемических индексах продуктов позволяет более точно подойти к разработке продуктов и организации питания детей больных целиакией, подвергающихся риску возникновения сахарного диабета, и, тем самым, повысить эффективность профилактики нарушений обмена углеводов и липидов.

Объекты и методы исследования

В работе исследовали: нативное зерно амаранта (*Amaranthus cruentus*), выращенное в штате Мехико, Мексика; зерно амаранта взорванное, произведено в г. Несауалькойотль, Мексика; амарантовую муку «Крупчатка», Мексика.

Результаты и их обсуждение

Амарант является отличным источником крахмала, белка, липидов, пищевых волокон и минеральных веществ. В нативном зерне амаранта содержится 12,5–23 % белка, 50,7–77,0 % углеводов, 6,0–8,0 % липидов, 10,5–18,3 % пищевых волокон и 2,5–3,5 % минеральных веществ. Крахмал является наиболее распространенным углеводом в зерне амаранта. Зерно амаранта содержит ориентировочно 48–69 % крахмала. Это меньше, чем в рисе, гречихе и кукурузе, где его содержание может быть более 80 % [6].

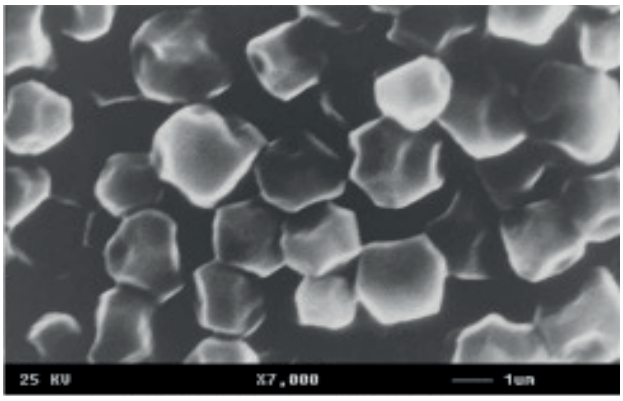


Рисунок 1. Крахмал амаранта; увеличение ×7000 [10]

Figure 1. Amaranth starch; magnification ×7,000 [10]

Крахмал амаранта состоит из двух полисахаридов: амилозы и амилопектина. Амилоза является линейным полимером глюкозы и легко растворяется в тёплой воде, но долго переваривается организмом, в то время как амилопектин имеет разветвлённую структуру, даёт чрезвычайно стойкие растворы, но в процессе пищеварения легко расщепляется на более мелкие цепочки и интенсивнее повышает уровень сахара в крови. Крахмал амаранта имеет низкое содержание амилозы: от 2 % до 12 % в зависимости от генотипа. Поэтому амилопектин является наиболее распространенным компонентом крахмала амаранта. Соответственно, количество амилопектина, который в среднем состоит из 1700 молекул, приходится на интервал от 88 до 98 % [7]. Для сравнения: крахмал риса содержит 18,5 % амилозы и 81,5 % амилопектина, кукурузный крахмал – 24,0 % амилозы и 76 % амилопектина [8].

В дополнение к амилозе и амилопектину гранулы крахмала амаранта содержат 0,16–0,28 % связанных липидов. Хотя липиды крахмальных гранул присутствуют в качестве второстепенных компонентов, они оказывают большое влияние на технологические и функциональные свойства крахмала [9, 10].

Гранулы крахмала амаранта имеют сферическую форму и диаметр в диапазоне от 1,5 до 3,0 мкм. Это меньше, чем у крахмалов других зерновых культур. На рисунке 1 представлен снимок крахмальных зёрен амаранта, полученный с помощью сканирующего электронного микроскопа.

На снимке чётко видны гранулы крахмала многоугольной формы. Они имеют стабильный размер, но их распределение по размеру сильно различаются между сортами и видами [6, 7].

В зависимости от сорта растения крахмал амаранта имеет различную температуру клейстеризации, но в среднем она составляет 69–72 °С. По сравнению с другими зерновыми культурами крахмал

Таблица 1. Гликемический индекс безглютеновых зерновых продуктов (за эталон принят ГИ глюкозы) [7, 12]

Table 1. GI of gluten-free cereal products (with glucose GI as standard) [7, 12]

Наименование	Гликемический индекс
Амарант зерно (нативное)	87
Амарант зерно (взорванное)	101
Амарант зерно «крупчатка»	97
Кукуруза	54
Кукурузная мука	70
Рис белый (нативный)	64
Рисовая мука	95
Рис белый (пропаренный)	70
Гречневая крупа (нативная)	45
Гречневая крупа (пропаренная)	54
Гречневая мука (нативная)	50

амаранта обычно дает более стойкие растворы со сравнительно высокой вязкостью [11]. Это объясняется небольшими размерами гранул крахмала и высоким содержанием амилопектина.

Многие исследования подтверждают, что готовая продукция на основе муки с низким содержанием амилозы устойчива к черствению. Это положительным образом влияет на сохранение свежести и увеличение сроков хранения продукции из амаранта.

Сравнение ГИ амаранта и продуктов его переработки с ГИ традиционного безглютенового сырья представлено в таблице 1.

Зерно амаранта и получаемые из него продукты имеют высокий ГИ (в мировой практике продукты с ГИ более 70 классифицируют как высокогликемические).

Konishi в своём исследовании сообщает, что крахмал амаранта переваривается быстрее в течение первого часа по сравнению с крахмалом кукурузы [13].

Известно, что скорость расщепления крахмала зависит не только от количества и активности ферментов, в частности амилазы, но и от атакуемости субстрата. Атакуемость крахмала увеличивается с уменьшением крахмальных зёрен или, иначе говоря, с увеличением их относительной поверхности. Поэтому высокая скорость переваривания крахмала амаранта также объясняется размером его гранул, низким содержанием амилозы и его высокой склонностью полностью терять кристаллическую и гранулированную структуру во время нагревания.

Величина ГИ зависит не только от вида углеводов, содержащихся в продукте, и преобладания амилозы или амилопектина, но и от влияния других нутриентов, содержащихся в продукте, и пищевых волокон, содержание которых в зерне амаранта изменяется в диапазоне 11–18 % [3]. Содержание пищевых волокон в продукте существенно ограничивает доступность крахмала и других углеводов для расщепляющих их ферментов. Следовательно, снижает интенсивность всасывания глюкозы и её поступление в кровь.

Выводы

В данной статье мы показали, что амарант и продукты его переработки имеют более высокий ГИ по сравнению с другим безглютеновым зерновым сырьём.

Крахмал амаранта имеет высокую скорость переваривания организмом, что объясняется высоким содержанием амилопектина, который расщепляется быстрее, чем амилоза. Относительно малый размер крахмальных зёрен способствует увеличению атакуемости ферментом амилазой. Такие свойства характеризуют крахмал амаранта как гликемический или низкоустойчивый, который легко переваривается и имеет низкую склонность к ретроградации. Поэтому, несмотря на относительно невысокое содержание крахмала среди зерновых культур, особенно важно уделять внимание его свойствам при разработке продуктов и составлении рецептур изделий, а также организации питания детей больных целиакией с целью адекватного гликемического контроля.

Углеводы с высоким ГИ биодоступны, лучше усваиваются организмом и в большей степени преобразуются в глюкозу. Это способствует улучшению метаболизма за счет активизации синтеза различных гормонов и ферментов в организме; активирует работу мозга; пополняет запасы гликогена в организме; приводит к нейтрализации токсинов; способствует борьбе со стрессом и выводу из депрессивных состояний, связанных с болезнью (ограничение питания и т. д.). Глюкоза обладает способностью поддерживать барьерную функцию печени против токсических веществ, благодаря участию в образовании парных серных и глюкуроновых кислот. Кроме того, повышение уровня глюкозы в крови приводит к более быстрому возникновению голода. Это способствует увеличению количества приёмов пищи и потребления калорий, что являются немаловажными факторами при соблюдении диетотерапии детей с непереносимостью глютена.

Результаты, приведённые в данном исследовании, могут быть использованы в исследованиях глютен не содержащих культур и продуктов их переработки при разработке рецептур безглютеновых продуктов для питания детей. Зерно амаранта при использовании его в смеси с другими зерновыми культурами может стать ценным пищевым продуктом в составе нутриома детей и за счет взаимного обогащения нутриентов покрыть дефицит белковых и липидных компонентов и повысить биологическую и питательную ценность [14].

Дальнейшие работы по изучению свойств зерновой продукции в сочетании с плодовооовощным и ягодным сырьём позволит разработать новый качественный сбалансированный продукт, используемый в рационе питания детей больных целиакией.

Критерий авторства

Все авторы ответственны за идеи исследования и в равной степени участвовали в написании данной статьи.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

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

Conflict of interest

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

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. Thompson, T. Case problem: questions regarding the susceptibility of buckwheat, amaranth, quinoa, and oats from a patient with celiac disease / T. Thompson // Journal of the American Dietetic Association. – 2001. – Vol. 101, № 5. – P. 586–587. DOI: https://doi.org/10.1016/S0002-8223(01)00147-X.

3. Introduction of oats in the diet of individuals with coeliac disease: A systematic review / O. M. Pulido, Z. Gillespie, M. Zarkadas [et al.] // Advances in Food and Nutrition Research. – 2009. – Vol. 57. – P. 235–285. DOI: https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)57006-4.

4. Бельмера, С. В. Детям с целиакией. Гастроэнтерология детского возраста / С. В. Бельмера, А. И. Хавкина. – М. : Медпрактика-М, 2003. – 360 с.

5. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange / D. J. A. Jenkins, T. M. S. Wolever, R. Taylor [et al.] // American Journal of Clinical Nutrition. – 1981. – Vol. 34, № 3. – P. 362–366.

6. Смирнов, С. О. Научно – практические основы комплексной переработки зерна амаранта / С. О. Смирнов, С. А. Урубков, А. С. Дронов // Хранение и переработка зерна. – 2015. – Т. 191, № 2. – С. 39–43.

7. Structural, thermal, and rheological properties of *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* starches / N. Singh, S. Kaur, A. Kaur [et al.] // Starch/Staerke. – 2014. – Vol. 66, № 5–6. – P. 457–467. DOI: https://doi.org/10.1002/star.201300157.

8. Тутельян, В. А. Детское питание: руководство для врачей / В. А. Тутельян, И. Я. Конь. – М. : Медицинское информационное агентство, 2017. – 782 с.

9. Wheat starch production, structure, functionality and applications – a review / K. Shevkani, N. Singh, R. Bajaj [et al.] // International Journal of Food Science and Technology. – 2017. – Vol. 52, № 1. – P. 38–58. DOI: https://doi.org/10.1111/ijfs.13266.

10. Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment / N. Singh, P. Singh, K. Shevkani [et al.] // Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (Second Edition) / V. R. Preedy, R. R. Watson. – Academic Press, 2019. – P. 123–135. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00010-1.

11. Zhu, F. Structures, physicochemical properties, and applications of amaranth starch / F. Zhu // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2017. – Vol. 57, № 2. – P. 313–325. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2013.862784.

12. Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index / V. D. Capriles, K. D. Coelho, A. C. Guerra-Matias [et al.] // Journal of Food Science. – 2008. – Vol. 73, № 7. – P. H160–H164. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00869.x.

13. Characterization of starch granules from waxy, nonwaxy, and hybrid seeds of *Amaranthus hypochondriacus* L. / Y. Konishi, H. Nojima, K. Okuno [et al.] // Agricultural and Biological Chemistry. – 1985. – Vol. 49, № 7. – P. 1965–1971. DOI: https://doi.org/10.1080/00021369.1985.10867018.

14. Grain-based products for baby food / S. A. Urubkov, S. S. Khovanskaya, N. V. Dremina [et al.] // Вопросы детской диетологии. – 2018. – Т. 16, № 4. – С. 67–72. DOI: https://doi.org/10.20953/1727-5784-2018-4-67-72.

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. Thompson T. Case problem: questions regarding the susceptibility of buckwheat, amaranth, quinoa, and oats from a patient with celiac disease. Journal of the American Dietetic Association. 2001;101(5):586–587. DOI: https://doi.org/10.1016/S0002-8223(01)00147-X.

3. Pulido OM, Gillespie Z, Zarkadas M, Dubois S, Vavasour E, Rashid M, et al. Introduction of oats in the diet of individuals with coeliac disease: A systematic review. Advances in Food and Nutrition Research. 2009;57:235–285. DOI: https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)57006-4.

4. Bel′mera SV, Khavkina AI. Detyam s tseliakiey. Gastroehnterologiya detskogo vozrasta [For children with celiac disease. Gastroenterology of children]. Moscow: Medpraktika-M; 2003. 360 p. (In Russ.).

5. Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor R, Barker H, Fielden H, Baldwin JM, et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. American Journal of Clinical Nutrition. 1981;34(3):362–366.

6. Smirnov SO, Urubkov SA, Dronov AS. Nauchno – prakticheskie osnovy kompleksnoy pererabotki zerna amaranta [Scientific and practical foundations for complex processing of amaranth grain]. Grain storage and processing. 2015;191(2):39–43. (In Russ.).

7. Singh N, Kaur S, Kaur A, Isono N, Ichihashi Y, Noda T, et al. Structural, thermal, and rheological properties of *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* starches. Starch/Staerke. 2014;66(5–6):457–467. DOI: https://doi.org/10.1002/star.201300157.

8. Tutel′yan VA, Kon′ IYa. Detskoe pitanie: rukovodstvo dlya vrachey [Children's food: a doctors' guide]. Moscow: Medical News Agency; 2017. 782 p. (In Russ.).

9. Shevkani K, Singh N, Bajaj R, Kaur A. Wheat starch production, structure, functionality and applications – a review. International Journal of Food Science and Technology. 2017;52(1):38–58. DOI: https://doi.org/10.1111/ijfs.13266.

10. Singh N, Singh P, Shevkani K, Singh Virdi A. Amaranth: Potential Source for Flour Enrichment. In: Preedy VR, Watson RR, editors. Flour and Breads and their Fortification in Health and Disease Prevention (Second Edition). Academic Press; 2019. pp. 123–135. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814639-2.00010-1.

11. Zhu F. Structures, physicochemical properties, and applications of amaranth starch. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2017;57(2):313–325. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2013.862784.

12. Capriles VD, Coelho KD, Guerra-Matias AC, Arêas JAG. Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index. Journal of Food Science. 2008;73(7):H160–H164. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00869.x.

13. Konishi Y, Nojima H, Okuno K, Asaoka M, Fuwa H. Characterization of starch granules from waxy, nonwaxy, and hybrid seeds of *Amaranthus hypochondriacus* L. Agricultural and Biological Chemistry. 1985;49(7):1965–1971. DOI: https://doi.org/10.1080/00021369.1985.10867018.

14. Urubkov SA, Khovanskaya SS, Dremina NV, Smirnov SO. Grain-based products for baby food. Clinical Practice in Pediatrics. 2018;16(4):67–72. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.20953/1727-5784-2018-4-67-72.

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

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

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

Stanislav O. Smirnov
Cand.Sci.(Eng.), Deputy Director for Scientific Work, '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: sts_76@bk.ru

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-635-642
Оригинальная статья
УДК 664.8.03
http://fptt.ru/

Процесс получения ферментативных гидролизатов из отходов переработки креветки северной

М. В. Киселева*, О. В. Табакаева, Т. К. Каленик, А. Ю. Киселев, Г. С. Татаренко

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8

Дата поступления в редакцию: 05.07.2019
Дата принятия в печать: 15.11.2019

**e-mail: zarco@list.ru*

© М. В. Киселева, О. В. Табакаева, Т. К. Каленик, А. Ю. Киселев, Г. С. Татаренко, 2019

Аннотация.
Введение. Рациональное использование природных ресурсов должно основываться на комплексной переработке сырья. Целью данной работы являлась разработка биотехнологии получения гидролизата из отходов производства креветки северной *Pandalus borealis*.
Объекты и методы исследования. Мышечные ткани головогруди, ходильных и плавательных ног. В качестве ферментного препарата был выбран пепсин PanReac AppliChem.
Результаты и их обсуждение. Экспериментально установлено, что рациональными параметрами являются: гидромодуль – 1:2, продолжительность – 3 часа, температура – 45 °С, обеспечивающие максимальное накопление белка в гидролизате. После проведенного гидролиза были получены две фракции гидролизата: плотная и жидкая (непосредственно гидролизат). Исследования жидкой фазы показали, что в гидролизате содержится: 90,87 % воды, 6,45 % белка, 0,4 % липидов, 0,23 % углеводов и 0,51 % золы. Лиофильная сушка жидкой части гидролизата позволила получить хлопья темно-оранжевого цвета с плотной рассыпчатой консистенцией и с насыщенным запахом и вкусом, свойственным креветкам. Содержание белка в полученном после лиофильного высушивания гидролизате составило 74,23 ± 3,71. Максимально представлены белки. Минеральные озоляемые вещества являются вторым по содержанию классом. Углеводы и липиды содержатся в незначительном количестве, что характерно для данного вида сырья. По показателям безопасности гидролизат соответствовал требованиям нормативной документации. Основными операциями при получении ферментативного гидролизата из отходов креветки северной *Pandalus borealis* являются: измельчение, ферментативный гидролиз в течение 3 часов при температуре 45 °С, отделение жидкой и плотной части методом центрифугирования, инактивация ферментативной активности, лиофильная сушка до остаточного содержания воды не более 10 %.
Выводы. Ферментативный гидролиз отходов северной креветки позволяет получить высокобелковый продукт для обогащения продуктов питания.

Ключевые слова. Морепродукты, моллюски, ферментативный гидролиз, пепсин, белок

Для цитирования: Процесс получения ферментативных гидролизатов из отходов переработки креветки северной / М. В. Киселева, О. В. Табакаева, Т. К. Каленик [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 635–642. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-635-642.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Production of Enzymatic Hydrolyzates from North Shrimp Wastes

M.V. Kiseleva*, O.V. Tabakaeva, T.K. Kalenik, A.Yu. Kiselev, G.S. Tatarenko

Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russia

Received: July 05, 2019
Accepted: November 15, 2019

**e-mail: zarco@list.ru*

© M.V. Kiseleva, O.V. Tabakaeva, T.K. Kalenik, A.Yu. Kiselev, G.S. Tatarenko, 2019

Abstract.
Introduction. Motor muscle of a shrimp takes about 37% of the total mass. Traditionally, muscle tissue has been used in the food industry. The rest of the shrimp, i.e. about 63%, is considered waste. The production wastes of the Northern shrimp (*Pandalus*

Borealis) are used to obtain chitin, chitosan, biologically active substances, various feeds, and dyes. Our previous research revealed that about 8% of the muscle tissue is wasted, in spite of its high content of well-balanced valuable protein. The current research objective was to develop a biotechnology that would make it possible to produce hydrolyzate from the waste products of *Pandalus borealis* for further use in food production.
Study objects and methods. The research featured muscle tissues of the northern shrimp (*Pandalus Borealis*). PanReac AppliChem pepsin was chosen for enzyme preparation.
Results and discussion. A set of experiments made it possible to establish the following rational parameters: hydromodule – 1:2, period – 3 h, temperature – 45°C. These conditions ensured maximum protein accumulation in the hydrolyzate. After hydrolysis, dense and liquid fractions of the hydrolyzate were obtained. The liquid phase had the following characteristics: water – 90.87%, protein – 6.45%, lipids – 0.4%, carbohydrates – 0.23%, ash – 0.51%. The freeze-drying of the liquid part of the hydrolyzate resulted in flakes of dark orange color and a dense crumbly consistency with a rich shrimp smell and taste. The protein content in the hydrolyzate obtained after freeze-drying was 74.23 ± 3.71. The hydrolizate was rich in proteins and mineral insoluble substances, while carbohydrates and lipids were found in insignificant amounts. The ratio is typical of this type of raw material. In terms of safety, the hydrolyzate met the requirements specified in regulatory documentation. The main operations included grinding, enzymatic hydrolysis for 3 h at 45°C, centrifugation, enzymatic inactivation, and freeze-drying until residual water content fell below 10%.
Conclusion. The hydrolyzate obtained from northern shrimp production wastes can be used in food technology for food fortification.

Keywords. Sea food products, clams, enzymal hydrolysis, pepsine, protein

For citation: Kiseleva MV, Tabakaeva OV, Kalenik TK, Kiselev AYu, Tatarenko GS. Production of Enzymatic Hydrolyzates from North Shrimp Wastes. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):635–642. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-635-642.

Введение

Ежегодно мировая добыча морепродуктов характеризуется значительным ростом. При этом ресурсы Мирового океана используются не полностью и не всегда рационально, хотя многие отходы переработки могут быть в дальнейшем применены для приготовления различных пищевых, кормовых и технических продуктов. Неполная и нерациональная переработка морепродуктов приводит к накоплению значительного количества органических отходов, что пагубно сказывается на экологической и санитарно-эпидемиологической обстановке на территории производства [1–4].

Проведенные ФГУП «ТИНРО-Центр» исследования показали, что только 40 % выловленных гидробионтов поступают на мировой рынок как товарная продукция. Остальная часть вылова – некондиционное сырье, которое не используется для переработки и выбрасывается в море [5–9]. Это касается малоценных пород рыб и гидробионтов, характеризующихся небольшими размерами. Существует подобная проблема и при добыче такого ценного белкового морского сырья, как ракообразные, в частности креветки. Проблемы освоения запасов неиспользуемых креветок решаются разработкой технологий и технических средств, позволяющих перерабатывать сырье непосредственно на добывающем судне с получением варено-мороженого мяса по технологии криля и на береговых предприятиях с получением пищевых автолизатов (лизатов) из мороженых креветок.

Пищевая ценность мяса креветок характеризуется повышенным содержанием легкоусвояемого белка (около 20 %) и небольшим количеством жира. Мышечные ткани креветки содержат значительное количество незаменимых аминокислот, жирорастворимые (А и D) и водорастворимые (группа В) витамины, микро- и макроэлементы (калий, цинк, марганец, магний, железо, йод) [10–12].

Традиционно в пищевой промышленности используется двигательный мускул креветок, который составляет около 37 % от общей массы креветок. В пищевой промышленности его применяют как самостоятельный продукт (сыро-мороженый, варено-мороженый нечищеный, мясо креветки разделанное варено-мороженое), а также при производстве блюд, кулинарии, сложносоставных пищевых продуктов. Остальные части рачка, которые находятся в мажорном соотношении против традиционной пищевой части, около 63 % выбрасываются как отход. Основными направлениями переработки отходов креветки северной *Pandalus borealis* являются: получение хитина, хитозана, биологически активных веществ, различных кормов и красителей [13–21]. В предыдущей работе научного коллектива было отмечено, что в отходах остается еще около 8 % трудно извлекаемой мышечной ткани, характеризующейся высоким содержанием ценного, хорошо сбалансированного белка [19]. Эти мышечные ткани находятся в головогруди, ходильных и плавательных ногах. С одной стороны, они связаны с панцирем и не могут быть извлечены механически в большом объеме. С другой стороны, применение метода гидролиза при депротеинизации отходов креветки северной *Pandalus borealis* делает возможным получение продуктов питания, дополнительно обогащённых белком и аминокислотами.

Целью данной работы являлась разработка биотехнологии получения гидролизата из отходов переработки креветки северной *Pandalus borealis* для дальнейшего использования в производстве продуктов питания.

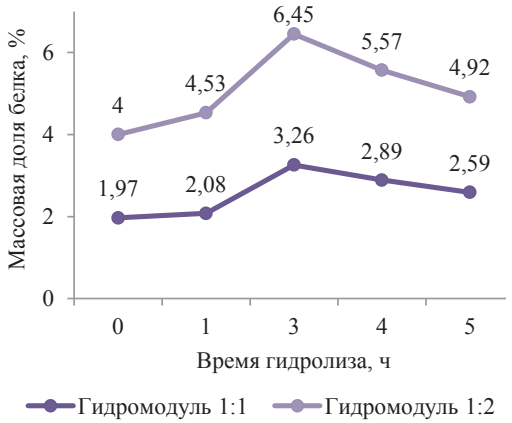


Рисунок 1. Влияние времени на массовую долю белка в гидролизате отходов *Pandalus borealis*

Figure 1. Effect of time on the mass fraction of protein in the hydrolyzate of *Pandalus borealis* wastes

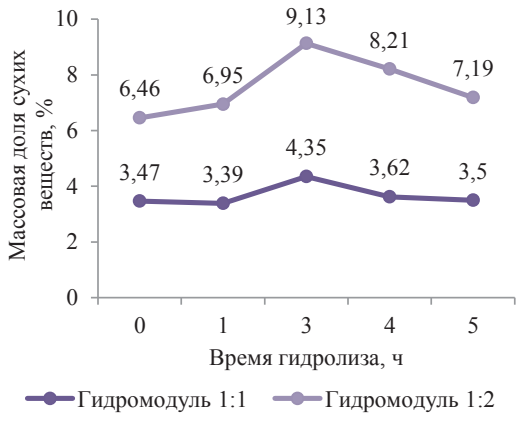


Рисунок 2. Влияние времени на массовую долю сухих веществ в гидролизате отходов *Pandalus borealis*

Figure 2. Effect of time on the mass fraction of solids in the hydrolyzate of *Pandalus borealis* waste

Объекты и методы исследования

Гидролизаты, получаемые с помощью ферментативного гидролиза, представляют собой многокомпонентные смеси, содержащие субъединицы белков, олигопептиды различных размеров, смеси пептидов со свободными аминокислотами. Таким образом, выбор способа гидролиза зависит от того, гидролизат какого химического состава необходимо получить.

В настоящее время подробно рассмотрены способы ферментативного гидролиза креветки северной *Pandalus borealis* тремя доступными ферментами: химотрипсином, трипсином и протосубтилином Г3Х, а также автолиз некондиционной креветки [20, 21]. Данная работа также посвящена ферментативному гидролизу.

В качестве ферментного препарата был выбран пепсин PanReac AppliChem. Активность данного препарата 1:10.000 NF B, оптимальный pH среды субстрата 3,5–5,0. Весь процесс гидролиза температура исследуемого субстрата поддерживалась на уровне 45 °C для ускорения процессов ферментолиза.

В качестве основных параметров, влияние которых исследовалось в процессе разработки биотехнологии, были выбраны: продолжительность гидролиза (время, час), соотношение сырья и воды (гидромодуль), массовая доля сухих веществ (%). Использовался гидромодуль 1:1 и 1:2. Отбор проб из образцов проходил каждый час, начиная с момента изготовления образцов и до момента, когда показатели в образцах начали понижаться.

Для определения наиболее эффективного времени гидролиза были проведены исследования по накоплению белка в пробах методом Кьельдаля (рис. 1) и по определению сухих веществ по ГОСТ 28561-90.

Результаты и их обсуждение

Влияния времени на массовую долю белка в гидролизате отходов *Pandalus borealis* представлено на рисунке 1.

Рисунок 1 демонстрирует увеличение массовой доли белка в гидролизе с увеличением продолжительности гидролиза. Максимум достигается при продолжительности процесса в 3 часа. Закономерности изменения массовой доли белка в гидролизате идентичны при использовании различных гидромодулей. Гидролизат, полученный с использованием гидромодуля 1:2, характеризуется более высокой массовой долей белка.

Влияния времени на массовую долю сухих веществ в гидролизате отходов *Pandalus borealis* представлено на рисунке 2.

Проанализировав рисунок 2, можно сделать вывод, что в гидролизате с гидромодулем 1:2

Рисунок 3. Высушенный ферментативный гидролизат отходов креветки северной *Pandalus borealis* (гидромодуль 1:2)

Figure 3. Dried enzymatic hydrolyzate of *Pandalus borealis* waste (hydraulic module 1:2)

Таблица 1. Микробиологические показатели гидролизата отходов креветки северной *Pandalus borealis* в процессе хранения при температуре от 2 до 6 °С

Table 1. Microbiological parameters of the hydrolyzate of *Pandalus borealis* waste during storage at 2–6°C

Показатель	Допустимые уровни ТР ТС 021/2011	Срок хранения, мес.					
		1	2	4	6	7	8
КМАФАнМ, КОЕ/г	5×10^3	$2{,}1\times10^2$	$4{,}3\times10^2$	$6{,}9\times10^2$	$9{,}9\times10^2$	$2{,}8\times10^3$	$5{,}2\times10^3$
БГКП, г	1,0	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
S. aureus, не допускаются в массе продукта (г)	1,0	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
V. parahaemolyticus, КОЕ/г, не более	100	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Бактерии рода *Enterococcus*, КОЕ/г, не более	1×10^3	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются в массе продукта, (г)	1,0	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Плесени, КОЕ/г ($см^3$), не более	10	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Дрожжи, КОЕ/г ($см^3$), не более	100	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Плесени и дрожжи, КОЕ/г ($см^3$), не более	100	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.
Бактерии рода *Proteus*, не допускаются в массе продукта (г)	1,0	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.	Не обн.

содержание сухих веществ выше, чем в гидролизате с модулем 1:1. В обоих образцах максимальное накопление сухих веществ происходит в течение трех часов, а при увеличении продолжительности гидролиза начинает незначительно уменьшаться. Массовой доли белка в образце с гидромодулем 1:2 в гидролизате, полученном в течение 4 часов, больше, чем в начале гидролиза на 41 %. В образце с гидромодулем 1:1 – на 25 %.

После проведенного гидролиза были получены две фракции гидролизата: плотная и жидкая (непосредственно гидролизат). В дальнейших опытах использовали ферментативный гидролизат (жидкая часть) из отходов креветки северной *Pandalus borealis*.

Исследования жидкой фазы показали, что в гидролизате содержится: 90,87 % воды, 6,45 % белка, 0,4 % липидов, 0,23 % углеводов и 0,51 % золы. Так как гидролизат содержит более 90 % воды, что влияет на ускорение разложения белка, а также усложняет процесс хранения, перед нами стояла задача найти способ обработки для замедления процессов порчи и упрощения транспортировки и хранения. Одним из способов является сушка. С целью замедления процессов порчи и упрощения транспортировки и хранения полученный гидролизат был высушен методом лиофильной сушки.

Высушенный ферментативный гидролизат представлен на рисунке 3.

Таблица 2. Анализ содержания токсичных элементов в гидролизате отходов креветки северной *Pandalus borealis*

Table 2. Toxic elements in the hydrolyzate of *Pandalus borealis* waste

Наименование токсичных элементов	Нормы содержания, мг/100 г[1]	Содержание в гидролизате отходов креветки северной *Pandalus borealis*, мг/100 г сухого вещества
Pb	1,000	0,010 ± 0,0006
As	0,500	0,0015 ± 0,0001
Cd	0,200	0,014 ± 0,0006
Hg	0,020	н/о
Cs-137	20,000 Бк/100 г	0,048 ± 0,003
Sr-90	10,000 Бк/100 г	0,0009 ± 0,0001

Таблица 3. Уравнения регрессии, описывающие зависимость процесса ферментативного гидролиза от времени

Table 3. Regression equations describing the effect of time on enzymatic hydrolysis

Наименование образца	Коэффициент аппроксимации	Уравнение регрессии
Гидролизат отходов *Pandalus borealis* (модуль 1:2)	$R^2 = 0{,}97$	$y_1 = 0{,}4258x^4 - 5{,}1233x^3 + 20{,}789x^2 - 32{,}362x + 20{,}27$
	$R^2 = 0{,}96$	$y_2 = -0{,}0171x^4 + 0{,}1892x^3 - 0{,}7129x^2 + 1{,}1608x + 6{,}24$
Гидролизат отходов *Pandalus borealis* (модуль 1:1)	$R^2 = 0{,}98$	$y_1 = -0{,}035x^4 + 0{,}4367x^3 - 1{,}9x^2 + 3{,}2783x + 0{,}19$
	$R^2 = 0{,}96$	$y_2 = -0{,}0394x^4 + 0{,}4372x^3 - 1{,}6156x^2 + 2{,}2978x + 2{,}39$

y_1 – массовая доля белка, %;
y_2 – массовая доля сухих веществ, %;
x – время, час.
y_1 – mass fraction of protein, %;
y_2 – mass fraction of solids, %;
x – time, h.

[1] ТР ТС 470322-4 Технический регламент Таможенного союза «Технический регламент на рыбную и иную продукцию из водных биологических ресурсов». – М., 2011. – 42 с.

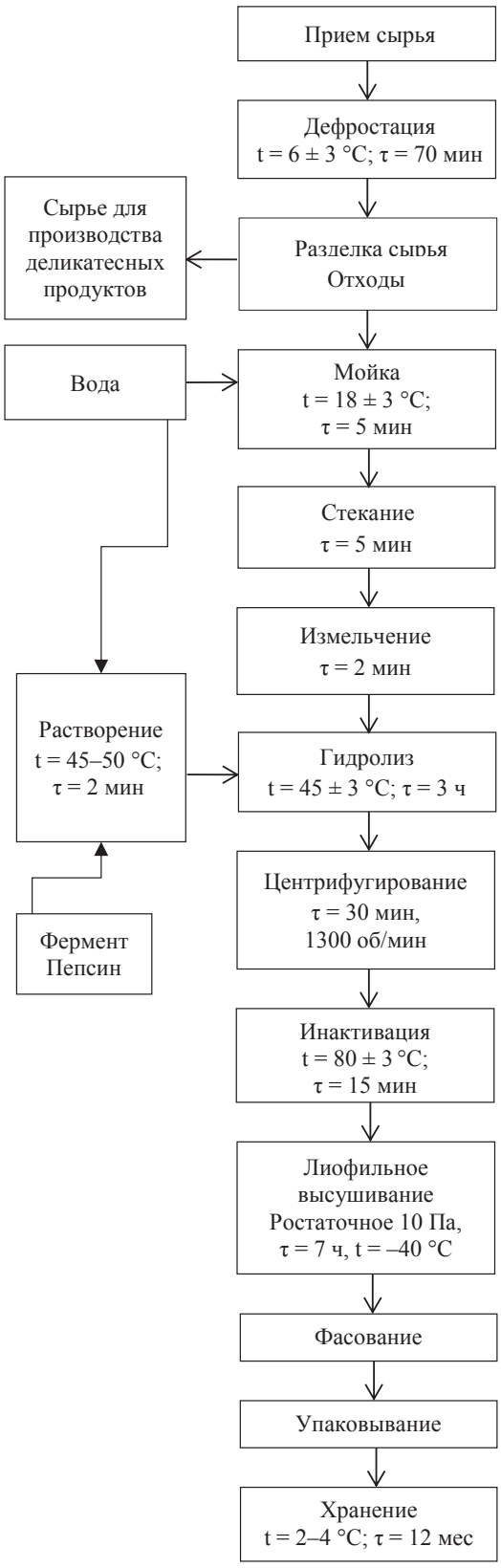


Рисунок 3. Технологическая схема получения ферментативного гидролизата из отходов креветки северной *Pandalus borealis*

Figure 3. Technological scheme of obtaining enzymatic hydrolyzate from *Pandalus borealis* waste

Органолептическая оценка высушенного гидролизата показала, что он представляет собой хлопья темно-оранжевого цвета с плотной рассыпчатой консистенции и с насыщенным запахом и вкусом, свойственным креветкам.

Общий химический состав высушенного ферментативного гидролизата отходов креветки северной *Pandalus borealis* характеризуется содержанием воды 10,53 ± 0,53 %; белков – 74,23 ± 3,71 %; липидов – 4,62 ± 0,23 %; углеводов – 4,12 ± 0,21 %; золы – 6,45 ± 0,32 %.

Полученные данные демонстрируют, что гидролизат отходов креветки северной *Pandalus borealis* малообводнен. Преобладающие сухие вещества представлены традиционно белками, липидами, углеводами и минеральными компонентами. Максимально представлены белки. Минеральные озоляемые вещества являются вторым по содержанию классом. Углеводы и липиды содержатся в незначительном количестве, что характерно для данного вида сырья.

Срок хранения обусловлен динамикой развития общего микробного числа исследуемого опытного образца гидролизата креветки северной *Pandalus borealis* во времени (табл. 1).

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о том, что гидролизаты креветки северной *Pandalus borealis* соответствуют ТР ТС 021/2011[2].

Результаты анализа содержания токсичных элементов в гидролизате отходов креветки северной *Pandalus borealis* приведены в таблице 2.

Полученные данные демонстрируют, что в гидролизате отходов креветки северной *Pandalus borealis* определены Pb, As, Cd, содержание которых не превышает нормативных требований по санитарно-химическим показателям для нерыбных объектов промысла. Содержание радионуклеидов также соответствует нормативным требованиям.

После выполнения обработки результатов и отсева незначимых коэффициентов получены уравнения регрессии, описывающие процесс ферментативного гидролиза отходов креветки северной *Pandalus borealis*, представленные в таблице 3.

Коэффициент аппроксимации, характеризующий полученные уравнения, позволяет говорить об их адекватности и возможности использования для описания процесса, так как близок к 1. Данные регрессивные уравнения позволили определить рациональные параметры ферментативного гидролиза отходов креветки северной *Pandalus borealis:* гидромодуль – 1:2, время – 3 часа.

Далее ферменты инактивируют в течение 15 минут при температуре 80–85 °C.

Полученные результаты определения рациональных параметров ферментативного гидролиза отходов креветки северной *Pandalus borealis* позволили предложить технологическую схему

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

получения ферментативного гидролизата, представленную на рисунке 3.

Основными операциями при получении ферментативного гидролизата из отходов креветки северной *Pandalus borealis* являются: измельчение, ферментативный гидролиз в течение 3 ч при температуре 45 °С, отделение жидкой и плотной части методом центрифугирования, инактивация ферментативной активности, лиофильная сушка до остаточного содержания воды не более 10 %.

Выводы

Таким образом проведенные исследования позволяют говорить о целесообразности и перспективности переработки отходов креветки северной *Pandalus borealis* методом ферментативного гидролиза с последующей сушкой с получением высокобелкового продукта, который может использоваться в пищевых технологиях для обогащения продуктов питания.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Рацирисидза, А. К. Ж. Разработка способа комплексного использования отходов при переработке креветок для производства кормовых консервов: дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 / Рацирисидза Арман Колен Жильбер. – М., 2000. – 113 с.

2. Пищевая химия. Курс лекции. Часть 2 / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова [и др.] – М. : МГУПП, 1998. – 155 с.

3. Букин, С. Д. Северная креветка *Pandalus borealiseous* сахалинских вод: монография / С. Д. Букин. – М. : Национальные рыбные ресурсы, 2003. – 136 с.

4. Промысловые беспозвоночные шельфа и континентального склона северной части Охотского моря: монография / В. И. Михайлов, К. В. Бандурин, А. В. Горничных [и др.]. – Магадан : Магаданский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2003. – 284 с.

5. Использование мелких креветок: проблемы и пути решения / А. П. Ярочкин, Ю. Г. Блинов, М. А. Мизюркин [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2014. – № 3. – С. 120–125.

6. Соколов, А. С. Биологическое состояние промысловых креветок рода *Pandalus borealis* в ИЭЗ западно-беринговоморской зоны по результатам донной траловой съемки, выполненной ФГУП «ТИНРО-Центр» (октябрь 2014 г., НИС «ТИНРО») / А. С. Соколов // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : материалыVI Всероссийской научно-практической конференции / Камчатский государственный технический университет. – Петропавловск-Камчатский, 2015. – С. 69–74.

7. Михайлова, О. Г. Новые данные о возрасте северной креветки *Pandalus borealis* у берегов юго-западной Камчатки / О. Г. Михайлова, В. Э. Гайдаев // Известия ТИНРО. – 2013. – Т. 175. – С. 173–181.

8. Лысенко, В. Н. Биология северной креветки Pandalus borealis у побережья юго-западной Камчатки / В. Н. Лысенко // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2000. – № 5. – С. 113.

9. Optimization of green dispersant production utilizing shrimp waste for crude oil dispersion / K. Zhang, B. Zhang, X. Song [et al.] // Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference 2016: Resilient Infrastructure / Canadian Society for Civil Engineering. – London; Canada, 2016. – P. 335–337.

10. Пищевая и биологическая ценность мяса креветок промысла и аквакультуры: функциональные пищевые продукты / Н. Г. Строкова, Н. В. Семикова, Т. В. Родина [и др.] // Рыбное хозяйство. – 2013. – № 4. – С. 122–128.

11. Скурихин, И. М. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

12. Давлетшина, Т. А. Аминокислотный состав мышечной ткани дальневосточных креветок / Т. А. Давлетшина, Ю. В. Паулов // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. – 2007. – № 1. – С. 34–36.

13. Химический состав и биохимические свойства гидробионтов прибрежной зоны Баренцева и Белого морей: монография / Т. К. Лебская, Ю. В. Двинин, Л. Л. Константинова [и др.]. – Мурманск : Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии. – 1998. – С. 101–102.

14. Быков, В. П. Современное состояние и перспективы развития комплексной технологии криля / Совершенствование производства хитина и хитозана : материалы Третьей всесоюзной конференции. – М., 1992. – С. 3–7.

15. Пат. 2123269C1 Российская федерация, МПК A23L1/33, A23J1/04, C08B37/08. Способ безотходной комплексной переработки хитинсодержащего сырья / Левоньков С. В., Купина Н. М., Блинов Ю. Г.; заявитель и патентообладатель Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр. – № 97115965/13; заявл. 24.09.1997; опубл. 20.12.1999; Бюл. № 25

16. Балабаев, В. С. Технологичность альтернативных сырьевых источников для получения пищевого хитозана / В. С. Балабаев, И. А. Глотова, В. Н. Измайлов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. – С. 235.

17. Functional and antioxidant properties of protein hydrolysates obtained from white shrimp (Litopenaeus vannamei) / J. M. Latorres, D. G. Rios, G. Saggiomo [et al.] // Journal of Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 55, № 2. – P. 721–729. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-017-2983-z.

18. Shrimp wastewater as a source of astaxanthin and bioactive peptides / I. R. Amado, M. P. González, M. A. Murado [et al.] // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. – 2016. – Vol. 91, № 3. – P. 793–805. DOI: https://doi.org/10.1002/jctb.4647.

19. Исследование возможности применения отходов креветки северной Pandalus Borealis для обогащения продуктов питания / М. В. Киселева, О. В. Табакаева, Г. С. Татаренко [и др.] // Пищевая промышленность. – 2017. – № 1. – С. 20–24

20. Самсонов, М. В. Сравнительный анализ выделения астаксантина из панцирных отходов ракообразных с использованием ферментных препаратов трипсин, химотрипсин, протосубтилин / М. В. Самсонов, М. Л. Винокур, М. П. Андреев // Известия КГТУ. – 2017. – № 46. – С. 90–99.

21. Автопротеолизаты из креветок и их использование / И. М. Виговская, А. Н. Баштовой, Г. Н. Тимчишина [и др.] // Инновации в биотехнологии аквакультуры и водных биоресурсов Японского моря : материалы международной научной конференции / Дальневосточный федеральный университет. – Владивосток, 2016. – С. 67–72.

References

1. Ratsirisidza AKZh. Razrabotka sposoba kompleksnogo ispol′zovaniya otkhodov pri pererabotke krevetok dlya proizvodstva kormovykh konservov [New method for the integrated use of waste in the processing of shrimps in canned food production]. Cand. eng. sci. diss. Moscow: Moscow State University of Applied Biotechnology; 2000. 113 p.

2. Nechaev AP, Traubenberg SE, Kochetkova AA, et al. Pishchevaya khimiya. Kurs lektsii. Chast′ 2 [Food chemistry. Lectures. Part 2]. Moscow: Moscow State University of Food Production; 1998. 155 p. (In Russ.).

3. Bukin SD. The northern shrimp, *Pandalus borealis eous*, in the Sakhalin waters: monograph. Moscow: National Fish Resources; 2003. 136 p. (In Russ.).

4. Mikhailov VI, Bandurin KV, Gornichnykh AV, Karasev AN. Commercial invertebrates of shelf and continental slope of the northern part of the Okhotsk sea: monograph. Magadan: Magadan Research Institute of Fisheries and Oceanography; 2003. 284 p. (In Russ.).

5. Yarochkin AP, Blinov YuG, Mizyurkin MA, Timchishina GN, Pokrovsky BI, Spitzin IA. The usage of small shrimps: problems and solutions. Fisheries. 2014;(3):120–125. (In Russ.).

6. Sokolov AS. The biological state of commercial shrimps of the genus *Pandalus* in the EEZ Of the west bering sea zone in the bottom trawl surveys carried out by the FSUE ‘TINRO-center’ (october 2014, RV ‘TINRO’). Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol′zovanie: materialyVI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use: Proceedings of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference]; 2015; Petropavlovsk-Kamchatsky. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka state Technical University; 2015. p. 69–74. (In Russ.).

7. Mikhailova OG, Gaydaev VE. New data on age of northern shrimp *Pandalus borealis* at the southwest coast of Kamchatka. ransactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography. 2013;175:173–181. (In Russ.).

8. Lysenko VN. Biologiya severnoy krevetki Pandalus borealis u poberezh′ya yugo-zapadnoy Kamchatki [Biology of the Northern shrimp Pandalus borealis off the coast of southwestern Kamchatka]. The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2012;(5):113. (In Russ.).

9. Zhang K, Zhang B, Song X, Li X, Cao T, Wu H. Optimization of green dispersant production utilizing shrimp waste for crude oil dispersion. Canadian Society for Civil Engineering Annual Conference 2016: Resilient Infrastructure; 2016; London; Canada. London; Canada: Canadian Society for Civil Engineering; 2016. p. 335–337.

10. Strokova NG, Semikova NV, Rodina TV, Podkorytova AV. Nutritive biological value of shrimp meat: functional food products. Fisheries. 2013;(4):122–128. (In Russ.).

11. Skurikhin IM, Tutel′yan VA. Khimicheskiy sostav rossiyskikh pishchevykh produktov: Spravochnik [Chemical composition of Russian food products: Manual]. Moscow: DeLi print; 2002. 236 p. (In Russ.).

12. Davletshina TA, Paulov YuV. Aminokislotnyy sostav myshechnoy tkani dal′nevostochnykh krevetok [Amino acid composition of muscle tissue of the Far Eastern shrimp]. Rybprom: tekhnologii i oborudovanie dlya pererabotki vodnykh bioresursov [Fishery: technologies and equipment for the processing of aquatic biological resources]. 2007;(1):34–36. (In Russ.).

13. Lebskaya TK, Dvinin YuF, Konstantinova LL, Kuz′mina VI, Tolkacheva VF, Mukhin VA, et al. Khimicheskiy sostav i biokhimicheskie svoystva gidrobiontov pribrezhnoy zony Barentseva i Belogo morey: monografiya [Chemical composition and biochemical properties of aquatic organisms of the coastal zone of the Barents Sea and the White Sea: monograph]. Murmansk: Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography; 1998. 101–102 p. (In Russ.).

14. Bykov VP. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya kompleksnoy tekhnologii krilya [Current status and development prospects of integrated technology of krill]. Sovershenstvovanie proizvodstva khitina i khitozana: materialy Tret′ey vsesoyuznoy konferentsii [Improving the production of chitin and chitosan: Proceedings of the III All-Union Conference]; 1992; Moscow. Moscow; 1992. p. 3–7. (In Russ.).

15. Levon’kov SV, Kupina NM, Blinov YuG. Method for wasteless complex reprocessing of chitin-containing raw material. Russia patent RU 2123269C1. 1998.

16. Balabaev VS, Izmaylov VN, Glotova IA. The workability of alternative sources of raw materials for the production of dietary chitosan. Modern problems of science and education. 2015;(1–1):235. (In Russ.).

17. Latorres JM, Rios DG, Saggiomo G, Wasielesky WJr, Prentice-Hernandez C. Functional and antioxidant properties of protein hydrolysates obtained from white shrimp (Litopenaeus vannamei). Journal of Food Science and Technology. 2018;55(2):721–729. DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-017-2983-z.

18. Amado IR, González MP, Murado MA, Vázquez JA. Shrimp wastewater as a source of astaxanthin and bioactive peptides. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2016;91(3):793–805. DOI: https://doi.org/10.1002/jctb.4647.

19. Kiselyova MV, Tabakaeva OV, Tatarenko GS, Komlev SA. The study of possibility of using wastes of northern shrimp Pandalus borealis for food fortification. Food processing Industry. 2017;(1):20–24. (In Russ.).

20. Samsonov MV, Vinokur ML, Andreev MP. Study of the hydrolysis process of crustacean waste of boiled shrimps using protosubtilin. KSTU News. 2017;(46):90–99. (In Russ.).

21. Vigovskaya IM, Bashtovoy AN, Timchishina GN, Zagorodnaya GI, Yarochkin AP. Avtoproteolizaty iz krevetok i ikh ispol′zovanie [Shrimp auto-proteases and their use]. Innovatsii v biotekhnologii akvakul′tury i vodnykh bioresursov Yaponskogo morya: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii [Innovations in biotechnology of aquaculture and aquatic biological resources of the Sea of Japan: Proceedings of International scientific conference]; 2016; Vladivostok. Vladivostok: Far Eastern Federal University; 2016. p. 67–72. (In Russ.).

Сведения об авторах

Киселева Марина Владимировна
старший преподаватель департамента пищевых наук и технологий, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (423) 265-24-24, e-mail: zarco@list.ru
https://orcid.org/0000-0003-4489-1186

Табакаева Оксана Вацлавовна
д-р. техн. наук, доцент, профессор департамента пищевых наук и технологий, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (423) 265-24-24, e-mail: yankovskaya68@mail.ru

Каленик Татьяна Кузьминична
д-р. био. наук, профессор департамента пищевых наук и технологий, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (423) 265-24-24, e-mail: kalenik.tk@dvfu.ru

Киселев Артем Юрьевич
канд. мед. наук, магистрант департамента пищевых наук и технологий, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (423) 265-24-24, kiselev_artem@inbox.ru

Татаренко Галина Сергеевна
магистрант департамента пищевых наук и технологий, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690950, Россия, г. Владивосток, ул. Суханова, 8, тел.: +7 (423) 265-24-24, tatarenko.gs@students.dvfu.ru

Information about the authors

Marina V. Kiseleva
Senior Lecturer of the Department of Food Science and Technology, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russia, phone: +7 (423) 265-24-24, e-mail: zarco@list.ru
https://orcid.org/0000-0003-4489-1186

Oksana V. Tabakaeva
Dr.Sci.(Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Food Science and Technology, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russia, phone: +7 (423) 265-24-24, e-mail: yankovskaya68@mail.ru

Tatyana K. Kalenik
Dr.Sci.(Bio.), Professor of the Department of Food Science and Technology, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russia, phone: +7 (423) 265-24-24, e-mail: kalenik.tk@dvfu.ru

Artem Yu. Kiselev
Cand.Sci.(Med.), Undergraduate of the Department of Food Science and Technology, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russia, phone: +7 (423) 265-24-24, e-mail: kiselev_artem@inbox.ru

Galina S. Tatarenko
Undergraduate of the Department of Food Science and Technology, Far Eastern Federal University, 8, Sukhanova Str., Vladivostok, 690950, Russia, phone: +7 (423) 265-24-24, e-mail: tatarenko.gs@students.dvfu.ru

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-643-651
Оригинальная статья
УДК 663.04
http://fptt.ru/

Оценка воздействия экстрактов ромашки аптечной на комплекс хозяйственно-полезных качеств мяса кроликов

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

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

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

Дата поступления в редакцию: 23.10.2019
Дата принятия в печать: 29.11.2019

© Р. А. Ворошилин, С. Н. Рассолов, Е. В. Ульрих, М. Г. Курбанова, 2019

Аннотация.
Введение. Питание оказывает большое влияние на качество и продолжительность жизни человека. В настоящее время в индустрии питания уделяется большое внимание получению качественной и безопасной продукции животноводства. Целью исследований являлось изучение влияния экстракта ромашки аптечной на комплекс хозяйственно-полезных качеств молодняка кроликов, качественные характеристики мяса, а также определить оптимальную дозировку экстракта ромашки аптечной.
Объекты и методы исследования. Исследование проводили на зооферме Кузбасской государственной сельскохозяйственной академии в 2018 г. По принципу пар-аналогов сформировали группы молодняка кроликов по 10 голов в каждой – контрольную и пять опытных. С 70-дневного возраста животным I опытной группы дополнительно к основному рациону добавляли фитобиотическую кормовую добавку на основе экстракта ромашки аптечной в разных дозировках. Продолжительность эксперимента составила 30 дней.
Результаты и их обсуждение. У кроликов опытных групп наблюдалось значительное увеличение уровня гемоглобина в крови. Использование добавок в рационе не вызвало каких-либо патологических изменений внутренних органов. По сравнению с контрольной группой у опытных групп живая масса на конец опыта была выше от 0,82 % до 6,96 %. Анализ химического состава мяса кроликов после скармливания экстракта ромашки аптечной говорит о том, что содержание влаги в мясе кроликов варьировалось от 76 до 77 %, что позволяет предположить о высоких влагоудерживающих свойствах. Высокие диетические свойства мяса кроликов подтверждает то, что массовая доля белка находилась в пределах 20–22 % при низком содержании жира (5–7 %).
Выводы. Для получения качественной и безопасной продукции рекомендуется использовать в рационе кроликов комбикорма с содержанием экстракта ромашки аптечной дозе 1 г на голову в сутки.

Ключевые слова. Мясо, животные, кролики, лекарственные растения, *Matricaria chamomilla*, питание, рацион, фитобиотики

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: Оценка воздействия экстрактов ромашки аптечной на комплекс хозяйственно-полезных качеств мяса кроликов / Р. А. Ворошилин, С. Н. Рассолов, Е. В. Ульрих [др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 643–651. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-643-651.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Effect of Wild Chamomile Extracts on the Complex of Economic Benefits of Rabbit Meat

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

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

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

Received: October 23, 2019
Accepted: November 29, 2019

© R.A. Voroshilin, S.N. Rassolov, E.V. Ulrikh, M.G. Kurbanova, 2019

Abstract.
Introduction. Nutrition has a great effect on the quality of life and longevity. Modern food industry pays much attention to the issue of obtaining high-quality and safe livestock products grown without feed antibiotics. The research objective was to study the effect of chamomile extract on a complex of economically useful traits of young rabbits and the qualitative characteristics of meat, as well as to determine the optimal dosage of chamomile extract.
Study objects and methods. The experimental research was carried out on the animal farm of the Kuzbass State Agricultural Academy in 2018. Five experimental groups and one control group of young Californian rabbits were formed according to the principle of analogue pairs. Each group included 10 rabbits. From 70-day age, the animals of the experimental group I were supplemented with a phytobiotic feed additive based on wild chamomile extract at a dose of 0.5 g per rabbit per day. In experimental group II, each rabbit received 1 g per day; in experimental group III, it was 1.5 g per rabbit per day; in experimental group IV – 2.0 g per rabbit per day; in experimental group V – 2.5 g per head per day. The experiment lasted 30 days.
Results and discussion. The best result was achieved in experimental group II. In the experimental groups, the rabbits demonstrated an increase in hemoglobin. The use of phytobiotic feed additives in the diet did not cause any pathological changes in internal organs. The average live weight at the end of the experiment, compared with the control group, was higher: experimental group I – by 0.82%, experimental group II – by 6.96%, experimental group III – by 5.01%, experimental group IV – by 3.73%, experimental group V – by 2.80% ($P > 0.01$). An analysis of the chemical composition of rabbit meat after the experiment showed that the water content in the rabbit meat ranged from 76 to 77%, which suggests high water-holding properties. The high dietary qualities of the rabbit meat depended on the content of protein (20–22 wt%) and the low fat content (5–7%). These data make it possible to promote rabbit meat for dietary products.
Conclusion. According to the slaughter indicators and the phytobiotic feed additives parameters of meat, the optimal dose of phytobiotic feed additives is 1 g per head per day.

Keywords. Meat, animals, rabbits, medicinal plants, *Matricaria chamomilla*, nutrition, diet, phytobiotics

Funding. The research was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, agreement of October 3, 2017, No. 14.610.21.0016 ‘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 agriculture’, project RFMEF161017X0016.

For citation: Voroshilin RA, Rassolov SN, Ulrikh EV, Kurbanova MG. Effect of Wild Chamomile Extracts on the Complex of Economic Benefits of Rabbit Meat. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):643–651. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-643-651.

Введение

В мире давно решается проблема отмены использования антибиотиков и разработки средств биологической защиты сельскохозяйственных животных и птицы. В Европе вместо антибиотиков давно применяются фитобиотики – натуральные кормовые добавки растительного происхождения, оказывающие положительный эффект на пищеварение и общее состояние здоровья животных [1].

Проблема развития отрасли производства кормовых добавок в России заключается в отсутствии новейших конкурентоспособных отечественных технологий в области получения высокоэффективных фитобиотических препаратов для кормления сельскохозяйственных животных и птицы. Сравнение уровня научно-технологического развития производства кормовых добавок в России с другими странами свидетельствует о существенном отставании отечественных производств от европейских и американских. Одной из основных причин является низкий уровень внедрения новейших конкурентоспособных технологий в области производства высокоэффективных фитобиотических кормовых добавок, а также отсутствие комплексных отечественных технологий в данной сфере.

Создание технологии производства фитобиотиков на основе экстрактов лекарственных растений для включения в состав рационов питания с целью повышения продуктивности и стимуляции роста животных через улучшение свойств кормов является перспективным направлением замены кормовых антибиотиков, повышения экологической ценности животноводческой продукции и обеспечения безопасности кормов. В настоящее время фитобиотики на основе экстрактов лекарственных растений показали свою эффективность в поддержании стабильно-оптимального состояния желудочно-кишечного тракта, обменных процессов в организме животных и птицы, их иммунного статуса благодаря воздействию содержащихся в них определенных биологически активных соединений.

В обзоре Kiczorowska и др. указывается, что растительные иммуномодулирующие кормовые добавки улучшают функции иммунной системы, оказывают существенное влияние на состояние здоровья животных и птицы, а также улучшают производственные показатели.

На интернет-портале www.allaboutfeed.net, посвященном кормлению животных, имеются сообщения об успешном применении фитобиотиков в кормлении крупного рогатого скота (A. Boczonadi «2 key points to fresh cow profits»; T. Aubert «Dairy management: It’s all in the feed»), свиней (E. Willems «Micro-encapsulated

organic acids and phytogenics»; T. Steiner «Phytogenics – Digestibility is the key»), сельскохозяйственной птицы и кроликов (D. Ramirez «Butyrate and botanical: A good mix»; A. Mueller, T. umiller, J. Dirk van der Klis «Phytogenics for better gut health in poultry»; C. Schieder «Phytogenics for efficiency in broilers»; V. Pirgozliev, S. P. Rose, D. Bravo «Phytonutrients alter energy partitioning in poultry: the link with nutrition»). На антиоксидантное действие фитобиотиков обращает внимание интернет-публикация Basharat «Antioxidative potential of phytogenics», а также статья Konca и др. [3]

На территории Кемеровской области открыто 52 вида лекарственных растений (ЛР), которые разрешены к применению в ветеринарной практике. Резервы сырья установлены для видов, которые по характеру распространения и сырьевой базе могут быть причислены к промысловым, т. е. сырьевая база состоятельна. Также резервы сырья установлены для видов, которые представляют интерес для изготовления фитобиотических препаратов. Особого внимания заслуживает применение в животноводстве эфирных масел или ароматических эссенций ромашки аптечной – неустойчивых ароматических веществ с маслянистой консистенцией, производимых растениями. Они, как правило, жидкие и имеют различный цвет: от бледно-желтого до изумрудно-зеленого, от синего до темно-коричневого или красного. Эфирные масла ромашки аптечной синтезируются в большинстве органов растений, затем накапливаются в секреторных клетках, полостях, каналах, клетках эпидермиса или железистых гранулах. Части растений, где находятся эфирные масла, обычно имеют приятный запах [2–5].

Целью исследований являлось определение эффективности использования различных доз экстрактов ромашки аптечной в кормлении молодняка кроликов на комплекс хозяйственно-полезных качеств мяса.

Исследования проводились на зооферме ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия» по адресу: г. Кемерово, ул. Марковцева, 5. Работа выполнена в рамках соглашения с Министерством науки и высшего образования РФ 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.

Объекты и методы исследования

С целью изучения влияния различных дозировок экстракта ромашки на продуктивность молодняка кроликов предварительно был произведен подбор групп-аналогов молодняка кроликов калифорнийской породы по происхождению, возрасту и живой массе, руководствуясь методикой А. И. Овсянникова. До этого каждый опыт был разделен на 3 периода: уравнительный, переходный и основной.

С началом основного периода опыта (с 70-дневного возраста) условия содержания и кормления для групп были одинаковые. Животные контрольной группы получали основной рацион (ОР), состоящий из полнорационного комбикорма (отрубей пшеничных, пшеницы, овса, ячменя, кормового зернопродукта, мучки ячменя), сена или травы. При смешанном типе кормления утром кроликам давали половину суточной нормы комбикорма, днем – сено или траву, вечером – оставшуюся часть корма. В итоге, кролики получали экстракты лекарственных растений в составе комбикормов в количестве 50 % от суточной нормы в утреннее время и 50 % в вечернее согласно схеме опыта (табл. 1). В среднем, кролику требуется 70–100 г сухого корма и 70–80 г сена в сутки. Продолжительность эксперимента составила 30 дней.

В каждом опыте с целью изучения показателей роста определяли живую массу молодняка кроликов каждой группы методом индивидуального взвешивания на электронных весах. Рассчитывали среднесуточный и абсолютный приросты живой массы. Сохранность поголовья в каждой группе определяли путем учёта падежа за все время проведения опыта.

Для изучения морфо-биохимического состава крови подопытного поголовья проводили забор крови утром до кормления у 3 кроликов каждой группы (в конце опыта). Морфологические исследования крови включают определение количества эритроцитов, концентрации гемоглобина, количества

Таблица 1. Схема научно-хозяйственного опыта

Table 1. Scheme of the scientific and economic experiment

Группа	Количество, голов	Дозы введения экстракта ромашки
Контрольная	10	Основной рацион (ОР)
Опытная I	10	(ОР) + экстракт ромашки в дозе 0,5 г на голову в сутки
Опытная II	10	(ОР) + экстракт ромашки в дозе 1 г на голову в сутки
Опытная III	10	(ОР) + экстракт ромашки в дозе 1,5 г на голову в сутки
Опытная IV	10	(ОР) + экстракт ромашки в дозе 2 г на голову в сутки
Опытная V	10	(ОР) + экстракт ромашки в дозе 2,5 г на голову в сутки

Таблица 2. Интенсивность роста молодняка кроликов, M ± m

Table 2. Growth rate of young rabbits, M ± m

Показатель	Группа					
	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III	Опытная IV	Опытная V
Живая масса в 70-дневном возрасте, кг	1,671 ± 0,11	1,676 ± 0,06	1,673 ± 0,04	1,674 ± 0,11	1,672 ± 0,07	1,678 ± 0,12
Живая масса в конце опыта, кг	2,526 ± 0,14	2,547 ± 0,06	2,715 ± 0,05	2,659 ± 0,03	2,624 ± 0,09	2,599 ± 0,09
Среднесуточный прирост, г	28,50 ± 0,3	29,03 ± 0,11	34,82 ± 0,13	32,93 ± 0,08	31,73 ± 0,25	30,97 ± 0,02
Валовой прирост, кг	0,855 ± 0,03	0,871 ± 0,03	1,042 ± 0,04	0,985 ± 0,03	0,952 ± 0,03	0,921 ± 0,03

*$P < 0,01$ по сравнению с контролем;

* $P < 0.01$ compared to the control group.

лейкоцитов. Биохимическое исследование крови животных включает определение концентраций: общего белка – фотометрическим биуретовым методом, белковых фракций – нефелометрическим методом, глюкозы – гексокиназным кинетическим методом, общего кальция – фотометрией с арсеноазо-III комплексоном, неорганического фосфора – молибдатной фотометрической методикой [6].

Все методики определения унифицированы и рекомендованы Международной ассоциацией клинической химии (IFCC). Внешний контроль качества обеспечен программами ФСВОК и EQAS.

Для изучения убойных качеств и химического состава мяса после научно-хозяйственных опытов проводили контрольный убой: по 3 головы из каждой группы. Мясную продуктивность кроликов определяли путем взвешивания на весах тушек после проведения контрольного убоя и разделки тушек. Убой кроликов осуществлять по общепринятой методике (Н. И. Тинаев). Химический состав мяса тушек кроликов определяли общепринятыми стандартными методиками по ГОСТ 20235.0, ГОСТ 20235.1, ГОСТ 27747.

Результаты и их обсуждение

Для получения качественной и безопасной продукции, выращенной без использования кормовых антибиотиков, были выбраны фитобиотические кормовые добавки на основе экстрактов ромашки аптечной *(Matricaria chamomilla)*, рецептуры которых были разработаны учеными ФГБОУ ВО Кузбасской ГСХА.

Сохранность (жизнеспособность) кроликов является количественным показателем, обуславливающим экономическую эффективность разведения их в условиях кролиководческих хозяйств [7]. Сохранность кроликов определяется выходом и себестоимостью получаемой готовой продукции, которая по качественной и ценовой категориям относится к продуктам премиум класса [8]. В период проведения опыта сохранность поголовья кроликов составила 100 % во всех группах. Это связанно с тем, что на период 70-дневного возраста организм кроликов был сформирован и в наименьшей степени подвержен влиянию внешних факторов при надлежащем содержании.

Изучение скорости роста животных имеет важное значение. Кролики, имеющие более быстрый рост при других равных условиях, затрачивают меньше питательных веществ корма на единицу прироста, чем кролики с более низкой скоростью роста. Отслеживание динамики роста животных проводили путем индивидуального взвешивания на электронных весах.

Анализ полученных данных показывает, что по всем изучаемым показателям опытные животные превосходили контрольных. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Проанализировав таблицу 2 можно сделать вывод о том, что во всех опытных группах, употреблявших фитобиотическую кормовую добавку на основе экстракта ромашки аптечной, наблюдалась тенденция роста живой массы по сравнению с контрольной группой.

Так, средняя живая масса на конец опыта, по сравнению с контрольной, была выше в I опытной группе на 0,82 %, во II на 6,96 %, в III на 5,01 %, в IV на 3,73 %, в V на 2,80 % ($P > 0,01$).

Это объясняется тем, что скармливание экстракта ромашки аптечной стимулирует процессы обмена веществ и оказывает положительное влияние на окислительно-восстановительные процессы в период интенсивного роста.

Жизнедеятельность организма как единого целого во многом осуществляется за счет крови и ее составляющих. Кровь обеспечивает взаимосвязь между частями и органами тела, доставляя к клеткам питательные вещества и кислород, а также унося продукты выделения, тем самым осуществляя обмен веществ в организме [9].

Кровь характеризуется непостоянством состава, что определяет адаптационную пластичность организма животного в изменяющихся условиях окружающей среды. На состав крови оказывает значительное влияние кормление, возраст и пол животного, порода, условия содержания, сезон года и др. [10].

Изучение состава крови (табл. 3, 4) дает оценку состояния животного и общее представление о приспособленности к условиям среды, а также позволяет наблюдать за различными изменениями,

Таблица 3. Основные морфологические показатели крови кроликов

Table 3. Main morphological parameters of rabbit blood

Показатель	Группа					
	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III	Опытная IV	Опытная V
На конец опыта						
Гемоглобин, г/л	112,6 ± 7,79	114,00 ± 16,06	132,3 ± 1,08*	132,00 ± 6,16	129,3 ± 4,49	125,00 ± 7,07
Эритроциты, 10^{12}/л	5,34 ± 0,57	4,91 ± 0,72	6,51 ± 0,15*	6,05 ± 0,06	6,33 ± 0,16*	5,97 ± 0,65
Лейкоциты, 10^{9}/л	4,43 ± 0,78	4,27 ± 1,73	4,30 ± 1,00	4,63 ± 0,45	4,67 ± 0,58	4,36 ± 0,87

*$P < 0,05$ по сравнению с контролем;

* $P < 0.05$ compared to the control group.

происходящими в организме животного под влиянием кормления и содержания. Это позволяет оценить общее физиологическое состояние кроликов. Изучение картины крови в динамике и в комплексе с другими данными, в связи с факторами, влияющими на эти особенности, дает информацию, благодаря которой можно управлять процессами, влияющими на продуктивность животного. Исходя из этого, нами были изучены морфологические и биохимические показатели крови подопытных кроликов [11, 12].

Анализ результатов морфологического состава крови подопытных кроликов в нашем опыте при введении в их рацион экстракта ромашки свидетельствует о том, что в период исследований гематологические показатели находились в пределах физиологической величины, но между группами наблюдались некоторые различия.

У кроликов опытных групп по отношению к контрольным аналогам произошло значительное увеличение уровня гемоглобина в крови. Так, в конце опыта в I опытной группе повышение на 1,24 %, во II опытной группе повышение на 14,8 % ($P < 0,05$), в III опытной группе повышение на 17,2 %, в IV опытной группе на 12,9 % ($P > 0,05$), в V опытной группе на 11,01 %.

Количество эритроцитов было меньше в I группе на 8,05 %, во II и III группе больше на 17,9 % и 13,2 % соответственно ($P < 0,05$), в IV группе больше на 15,6 %, в V группе больше на 11,79 % по сравнению с аналогами контрольной группы.

Основные биохимические показатели крови кроликов после скармливания экстракта ромашки аптечной представлены в таблице 4.

Для проведения контрольного убоя и физико-химического анализа мяса каждая тушка была помещена в индивидуальный пакет и охлаждена льдом в переносном холодильнике. Во время транспортировки температура образцов поддерживалась на уровне 4 ± 2 °С. В день убоя тушки были доставлены в научно-исследовательскую лабораторию «Агроэкология» при Кузбасской ГСХА.

Результаты основных показателей, полученных при контрольном убое подопытных кроликов, представлены в таблице 5.

Анализ убойных качеств кроликов всех подопытных групп свидетельствует о высоком уровне мясной продуктивности. Установлены существенные межгрупповые различия. Так, убойный выход мяса у I опытной группы был выше на 6,12 %, во II опытной группе был выше на 20,95 %, в III опытной группе был выше на 15,89 %, в IV опытной группе выше на 13,14 %, в V группе выше на 10,18 % ($P > 0,05$) по сравнению с аналогами контрольной группы.

Таким образом, данные контрольного убоя показывает, что кролики опытных групп имели высокие убойные качества благодаря интенсивному росту и развитию. Наилучшими убойными показателями характеризовались животные II опытной группы, получавшие экстракт ромашки аптечной в дозе 1 г на голову в сутки.

Таблица 4. Основные биохимические показатели крови кроликов на конец опыта

Table 4. Main biochemical blood parameters of rabbits at the end of the experiment

Показатель	Группа					
	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III	Опытная IV	Опытная V
Содержание общего белка в сыворотке, г/л	63,33 ± 3,56	62,67 ± 2,16	63,00 ± 5,10	61,33 ± 2,16	65,67 ± 2,16	64,33 ± 1,63
Содержание глюкозы в сыворотке крови, ммоль/л	5,40 ± 0,14	5,27 ± 0,33	5,53 ± 0,22	5,43 ± 0,29	5,63 ± 0,43	5,43 ± 0,57
Содержание кальция в сыворотке крови, ммоль/л	2,53 ± 0,43	2,50 ± 0,49	2,27 ± 0,16	2,17 ± 0,29	2,40 ± 0,28	2,17 ± 0,08
Содержание фосфора в сыворотке крови, ммоль/л	1,72 ± 0,06	1,69 ± 0,05	1,63 ± 0,14	1,70 ± 0,30	1,73 ± 0,09	1,68 ± 0,13

*$P < 0,05$ по сравнению с контролем;

* $P < 0.05$ compared to the control group.

Таблица 5. Результаты контрольного убоя подопытных кроликов, получавших фитобиотическую кормовую добавку на основе экстракта ромашки аптечной

Table 5. Results of the control slaughter of the experimental rabbits fed with chamomile extract

№ животного	Предубойная масса, г	Убойная масса, г	Убойный выход, %
	Контрольная группа		
3	2532 ± 32,01	1115 ± 33,14	44,04 ± 1,98
5	2533 ± 53,21	1096 ± 32,77	43,30 ± 1,14
8	2497 ± 39,41	1051 ± 34,31	42,11 ± 1,13
Ср. значение	2520,66 ± 57,15	1087,7 ± 34,5	43,14 ± 1,82
	Опытная группа I		
2	2568 ± 29,88	1163 ± 33,18	45,3 ± 0,99
4	2578 ± 30,15	1193 ± 32,64	46,3 ± 1,01
8	2485 ± 32,45	1120 ± 30,42	45,1 ± 0,90
Ср. значение	2543,66 ± 32,74	1158,66 ± 32,31	45,57 ± 0,91
	Опытная группа II		
4	2695 ± 58,99	1342 ± 70,10	49,8 ± 1,23
6	2709 ± 59,46	1378 ± 69,80	50,9 ± 1,16
10	2714 ± 50,04	1408 ± 66,30	51,9 ± 1,61
Ср. значение	2706,00 ± 57,7	1376,00 ± 70,9	50,86 ± 1,78
	Опытная группа III		
1	2648 ± 22,41	1292 ± 56,88	48,8 ± 1,33
6	2691 ± 20,88	1275 ± 57,88	47,4 ± 1,48
7	2653 ± 23,22	1313 ± 58,09	49,5 ± 1,21
Ср. значение	2664,00 ± 24,21	1293,33 ± 62,07	48,56 ± 1,44
	Опытная группа IV		
3	2644 ± 33,12	1247 ± 68,39	47,2 ± 1,64
8	2648 ± 30,14	1316 ± 71,28	49,7 ± 1,59
10	2591 ± 34,10	1194 ± 74,33	46,1 ± 1,67
Ср. значение	2627,66 ± 34,2	1252,33 ± 74,8	47,66 ± 1,68
	Опытная группа V		
2	2603 ± 21,33	1223 ± 53,14	47,0 ± 1,28
5	2583 ± 20,18	1183 ± 50,88	45,8 ± 1,66
7	2595 ± 21,71	1227 ± 55,33	47,3 ± 1,64
Ср. значение	2593,66 ± 22,71	1211,00 ± 56,12	46,70 ± 1,65

Одним из главных критериев при оценке биологических особенностей организма является изучение роста и развития внутренних органов при убое животных.

После процедуры убоя и разделки туш внутренние органы кроликов были визуально осмотрены и взвешены.

При визуальном исследовании органов и тканей кроликов были получены следующие результаты:

– сердце состоит из правильно располагающихся волокон в виде пучков, патологических изменений обнаружено не было;

– легкие имели умеренное полнокровие, просветы альвеол и бронхов свободны, встречаются скопления лейкоцитов, а после разреза – свежие кровоизлияния;

– печень кроликов без пятен, патологических изменений не имела, размеры в пределах нормы, внутриклеточная жидкость клеток печени зернистая.

– почки имели стандартные размеры, патологии обнаружено не было, без особых изменений;

– желудок имел нормальную эпителиальную ткань, без патологических изменений.

Таким образом, использование фитобиотических кормовых добавок на основе экстрактов ромашки аптечной в рационе кроликов не вызвало каких-либо патологических изменений внутренних органов. Это имеет немаловажное значение с точки зрения ветеринарно-санитарной экспертизы.

На качество мяса кроликов влияют такие факторы, как способ откорма, метод разведения и сроки убоя. С возрастом в мясе повышается содержание белка и жира. Следовательно, увеличивается калорийность мяса. Наиболее важным фактором, влияющим на качество и химический состав мяса, является рацион кормления животных.

Наиболее ценной частью тушки является мышечная ткань, поэтому изучение химического состава мякоти представляет практический и научный интерес.

Химический состав мяса кроликов после скармливания комбикорма с экстрактом ромашки аптечной представлен в таблице 6.

Анализ химического состава мяса кроликов после скармливания экстракта ромашки аптечной говорит о том, что содержание влаги в мясе кроликов варьировалось от 76 до 77 %. Это позволяет сделать вывод о высоких влагоудерживающих свойствах. Содержание белка, массовая доля которого находилась в пределах 20–22 % при низком содержании жира 5–7 %, подтверждает высокие диетические свойства мяса кроликов и большой потенциал его переработки для продуктов диетического назначения. Для увеличения массовой доли золы необходимо добавить в рацион кроликов минеральные вещества.

Установлено, что различные дозировки экстракта ромашки аптечной в составе комбикормов оказали положительное влияние на комплекс хозяйственно-полезных качеств мяса кроликов. Корма с ромашкой аптечной стимулировали процессы обмена веществ. Это оказало положительное влияние на ряд факторов: улучшались интенсивность роста кроликов, качественный состав крови, что способствовало правильному развитию внутренних органов кроликов. Необходимо отметить, что вышеуказанные факторы также повлияли на выход мяса и его химический состав, который сопровождался изменениями мышечной ткани и улучшением технологических свойств.

Таблица 6. Химический состав мяса кроликов после скармливания экстракта ромашки аптечной

Table 6. Chemical composition of rabbit meat after feeding the rabbits with chamomile extract

№ кролика	Группа					
	Контрольная	Опытная I	Опытная II	Опытная III	Опытная IV	Опытная V
Массовая доля воды, %						
1	76,47 ± 1,35	76,45 ± 1,31	76,80 ± 0,89	76,12 ± 0,60	75,85 ± 0,25	75,91 ± 0,48
2	78,44 ± 1,38	78,31 ± 1,36	77,97 ± 0,98	76,44 ± 0,58	75,69 ± 0,21	75,32 ± 0,57
3	77,00 ± 1,49	77,10 ± 1,35	77,87 ± 0,91	77,00 ± 0,65	76,00 ± 0,24	76,04 ± 0,55
	77,30 ± 1,44	77,29 ± 1,33	77,55 ± 0,92	76,52 ± 0,63	75,85 ± 0,22	75,76 ± 0,54
Массовая доля белка, %						
1	20,85 ± 0,48	20,41 ± 0,24	21,90 ± 0,51	20,88 ± 0,08	20,78 ± 0,84	20,77 ± 0,59
2	20,60 ± 0,44	20,64 ± 0,29	21,17 ± 0,56	21,00 ± 0,12	21,90 ± 0,92	21,04 ± 0,50
3	20,20 ± 0,45	20,27 ± 0,25	21,20 ± 0,59	21,01 ± 0,10	21,87 ± 0,89	21,55 ± 0,54
	20,55 ± 0,46	20,44 ± 0,26	21,42 ± 0,58	20,96 ± 0,10	21,52 ± 0,90	21,12 ± 0,56
Массовая доля жира, %						
1	5,11 ± 0,94	5,98 ± 0,39	6,73 ± 0,48	5,54 ± 0,31	6,86 ± 0,40	5,33 ± 0,38
2	4,94 ± 0,86	5,44 ± 0,41	6,97 ± 0,65	6,20 ± 0,48	5,56 ± 0,48	5,88 ± 0,41
3	5,20 ± 0,74	5,54 ± 0,38	6,22 ± 0,41	6,02 ± 0,35	6,00 ± 0,35	5,74 ± 0,43
	5,12 ± 0,87	5,42 ± 0,42	6,51 ± 0,55	6,05 ± 0,37	6,14 ± 0,41	5,58 ± 0,44
Массовая доля золы, %						
1	1,09 ± 0,25	1,00 ± 0,17	1,08 ± 0,08	1,07 ± 0,08	1,10 ± 0,01	0,99 ± 0,17
2	0,89 ± 0,18	0,99 ± 0,15	1,18 ± 0,10	1,16 ± 0,11	1,12 ± 0,03	1,30 ± 0,25
3	1,19 ± 0,21	1,20 ± 0,19	1,20 ± 0,09	1,22 ± 0,12	1,13 ± 0,02	1,04 ± 0,22
	1,06 ± 0,22	1,06 ± 0,17	1,15 ± 0,09	1,15 ± 0,11	1,12 ± 0,02	1,11 ± 0,24

Выводы

Скармливание экстракта ромашки более выражено стимулируют процессы обмена веществ в организме молодняка кроликов, что оказывает положительное влияние на окислительно-восстановительные процессы в период интенсивного роста животных и повышает их продуктивность.

Повышение количества гемоглобина, эритроцитов и лейкоцитов в крови животных опытных групп может свидетельствовать о том, что экстракт ромашки стимулируют эритропоэз и лейкопоэз.

Данные контрольного убоя свидетельствуют о том, что кролики опытных групп имели высокие убойные качества благодаря интенсивному росту и развитию. Наилучшими убойными показателями характеризовались животные, получавшие комбикорма с содержанием экстракта ромашки аптечной в дозе 1 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. Е. В. Ульрих подготовила первоначальный текст статьи и описание результатов. М. Г. Курбанова проводила описание результатов экспериментальных данных.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

Contribution

R.A. Voroshilin conducted the experimental study, processed and analysed the results, prepared and designed the text of the article. S.N. Rassolov provided supervised the study and compiled the methodology of the experiment. E.V. Ulrich prepared the initial text of the article and a description of the results. M.G. Kurbanova contributed to the description of the results of experimental data.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. 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.

2. Загорулько, Е. Ю. Подходы к стандартизации цветков ромашки аптечной (*Chamomillae recutita flores*) в российской и зарубежных фармакопеях / Ю. Е. Загорулько, М. Г. Ожигова // Фармация и фармакология. – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 135–149. DOI: https://doi.org/10.19163/2307-9266-2017-5-2-135-149.

3. 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. – 2014. – Vol. 34, № 2. – P. 141–150. DOI: https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.2.141.

4. Balz, R. The Healing Power of Essential Oils / R. Balz. – Wisconsin : Lotus Press, 1999. – P. 27–80.

5. Evaluation of phenolic content variability along with antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic potential of selected traditional medicinal plants from India / G. Singh, A. K. Passsari, V. V. Leo [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2016. – Vol. 7. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00407.

6. Biological effects of essential oils – A review / F. Bakkali, S. Averbeck, D. Averbeck [et al.] // Food and Chemical Toxicology. – 2008. – Vol. 46, № 2. – P. 446–475. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106.

7. Тинаев, Н. И. Разведение кроликов / Н. И. Тинаев, Е. А. Тинаева. – Москва-Краснодар, 2006. –78 с.

8. Корнилова, В. А. Суспензия хлореллы в рационах кроликов / В. А. Корнилова, А. С. Ищеряков // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2016. – № 5. – С. 52–56.

9. Эффективность применения иммунобиологических препаратов в промышленном животноводстве и птицеводстве / С. Л. Борознов, А. В. Сандул, А. С. Борознова [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2011. – № 2. – С. 19–24.

10. Mohiti-Asli, M. Comparison of the effect of two phytogenic compounds on growth performance and immune response of broilers / M. Mohiti-Asli, M. Ghanaatparast-Rashti // Journal of Applied Animal Research. – 2017. – Vol. 45, № 1. – P. 603–608. DOI: https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1243119.

11. Ahmed, S. T. Effects of dietary *Punica granatum* L. by-products on performance, immunity, intestinal and fecal microbiology, and odorous gas emissions from excreta in broilers / S. T. Ahmed, C.-J. Yang // Journal of Poultry Science. – 2017. – Vol. 54, № 2. – P. 157–166. DOI: https://doi.org/10.2141/jpsa.0160116.

12. Изучение влияния консервированного люцернового сенажа на биохимические показатели сыворотки крови и продуктивность коров черно-пёстрой породы / Ю. А. Лысов, Х. Х. Тагиров, И. В. Миронова [и др.] // Зоотехния. – 2019. – № 1. – С. 15–18. DOI: https://doi.org/10.25708/ZT.2018.80.67.004.

References

1. 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 nauchno-prakticheskoy 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.).

2. Zagorulko EYu, Ozhigova MG. Approaches to the standardization of the chamomile flowers (*Chamomillae recutita flores*) in the Russian and foreign pharmacopoeias. Pharmacy & Pharmacology. 2017;5(2):135–149. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.19163/2307-9266-2017-5-2-135-149.

3. 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. 2014;34(2):141–150. DOI: https://doi.org/10.5851/kosfa.2014.34.2.141.

4. Balz R. The Healing Power of Essential Oils. Wisconsin: Lotus Press; 1999. 27–80 p.

5. Singh G, Passsari 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. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00407.

6. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils – A review. Food and Chemical Toxicology. 2008;46(2):446–475. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106.

7. Tinaev NI, Tinaeva EA. Razvedenie krolikov [Rabbit breeding]. Moscow-Krasnodar; 2006. 78 p. (In Russ.).

8. Kornilova VA, Ishchryakov AS. Suspension of chlorella in the diet of rabbits. Feeding of agricultural animals and feed production. 2016;(5):52–56. (In Russ.).

9. Boroznov SL, Sandul AV, Boroznova AS, Tsarenok MP, Zubakina GV. Ehffektivnost′ primeneniya immunobiologicheskikh preparatov v promyshlennom zhivotnovodstve i ptitsevodstve [Efficiency of immunobiological preparations in industrial cattle and poultry farming]. Animal agriculture and veterinary medicine. 2011;(2):19–24. (In Russ.).

10. Mohiti-Asli M, Ghanaatparast-Rashti M. Comparison of the effect of two phytogenic compounds on growth performance and immune response of broilers. Journal of Applied Animal Research. 2017;45(1):603–608. DOI: https://doi.org/10.1080/09712119.2016.1243119.

11. Ahmed ST, Yang C.-J. Effects of dietary *Punica granatum* L. by-products on performance, immunity, intestinal and fecal microbiology, and odorous gas emissions from excreta in broilers. Journal of Poultry Science. 2017;54(2):157–166. DOI: https://doi.org/10.2141/jpsa.0160116.

12. Lysov YuA, Tagirov HH, Mironov IV, Zubairova LA. Influence of preserved alfalfa haylage on biochemical indices of blood serum and productivity of black-and-white breed cows. Zootechniya. 2019;(1):15–18. (In Russ.).

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

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

Ульрих Елена Викторовна
д-р техн. наук, профессор кафедры агробиотехнологий, ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная 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

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

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

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

Elena V. Ulrikh
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

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

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-652-659
Оригинальная статья
УДК 577.16:664
http://fptt.ru/

Исследование влияния комплекса антиоксидантных витаминов для профилактики заболеваний

О. Г. Позднякова[1,*], М. А. Казакова[1], А. Н. Австриевских[2], В. М. Позняковский[1]

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

[2] *НПО «АртЛайф», 634034, Россия, г. Томск, ул. Нахимова, 8/2*

**e-mail: 79502628552@ya.ru*

Дата поступления в редакцию: 30.07.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

© О. Г. Позднякова, М. А. Казакова, А. Н. Австриевских, В. М. Позняковский, 2019

Аннотация.
Введение. Применение препарата, включающего комплекс антиоксидантных витаминов, обладающих синергетическим эффектом по отношению друг к другу, позволит решить проблему гиповитаминоза среди населения разных групп.
Объекты и методы исследования. В исследованиях был применен опросник SF-36, рекомендованный Всемирной организацией здравоохранения для оценки качества жизни в условиях хронических заболеваний. Опросник SF-36 позволяет дать количественную характеристику физического, эмоционального и социального компонентов качества жизни. Клинический контроль проводили на 31–32 день от начала приема препаратов. В лабораторных условиях оценивали состояние микроциркуляторного русла в тесте нажатия на ногтевое ложе. Концентрацию малонового диальдегида определяли по методу M. Uchiyama, M. Mihara.
Результаты и их обсуждение. В статье представлена рецептура разработанного препарата, дана характеристика каждого компонента, приведены результаты исследований, подтверждающих эффективность использования препарата. Разработанный препарат был назначен 20 добровольцам – работникам сферы образования и здравоохранения. Курс приема разработанного препарата составил – 1 месяц. Группу контроля составили 15 добровольцев, рандомизированных и сопоставленных по профессиональному фактору, полу и возрасту основной группе. Контрольная группа потребляла препарат и стандартные аптечные формы витаминов А, С, Е в адекватных дозировках.
Выводы. Разработанный препарат позволяет повысить качество жизни на фоне высоких психофизических нагрузок в физическом, социальном и эмоциональном аспектах. Поливалентное влияние составных частей разработанного препарата обладает тропностью к системе синтеза коллагена, оказывает антиоксидантное действие, улучшает микроциркуляцию. Установлена возможность профилактического применения препарата в целях снижения риска формирования хронической патологии, в основе которой лежит накопление избыточной свободно радикальной активности.

Ключевые слова. Питание, недостаток витаминов, антиоксиданты, заболевания, качество жизни, стресс

Для цитирования: Исследование влияния комплекса антиоксидантных витаминов для профилактики заболеваний / О. Г. Позднякова, М. А. Казакова, А. Н. Австриевских [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 652–659. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-652-659.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Effect of Antioxidant Vitamin Complex on Disease Prevention

O.G. Pozdnyakova[1,*], M.A. Kazakova[1], A.N. Austrievskih[2], V.M. Poznyakovsky[1]

[1] *Kuzbass State agricultural Academy, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia*

[2] *'ArtLife', 8/2, Nakhimov Str., Tomsk, 634034, Russia*

**e-mail: 79502628552@ya.ru*

Received: July 30, 2019
Accepted: October 15, 2019

© O.G. Pozdnyakova, M.A. Kazakova, A.N. Austrievskih, V.M. Poznyakovsky, 2019

Abstract.
Introduction. Hypovitaminosis is currently common among various social groups. The present research offers a new medical formulation that includes a complex of antioxidant vitamins with a highly beneficial synergistic effect.
Study objects and methods. The research employed the SF-36 questionnaire to assess the quality of life in patients with chronic diseases, as recommended by the WHO. The SF-36 questionnaire provides a quantitative description of the physical, emotional, and social components of the quality of life. Clinical control was performed on days 31–32 from the onset of the medication. The state of the microcirculatory bed was assessed in laboratory conditions by applying pressure to the nail bed. The concentration of malondialdehyde was determined by the method developed by M. Uchiyama and M. Mihara.
Results and discussion. The paper introduces the formulation and describes the properties of each component. The efficacy of the medicine was confirmed experimentally. Twenty education and health workers were administered the medicine for one month. The control group consisted of fifteen volunteers, who were randomized and grouped according to professional factor, sex, and age. The control group consumed the medicine together with standard vitamins A, C, and E in adequate dosages.
Conclusion. The developed medicine proved able to improve the physical, social, and emotional aspects of life quality under high psychophysical stress. The polyvalent effect of the components demonstrated a tropism to collagen synthesis. In addition, it showed an antioxidant effect and improved microcirculation. The medicine can be used preventively to reduce the risk of chronic pathology based on the accumulation of excess free radical activity.

Keywords. Nutrition, vitamin deficiency, antioxidants, diseases, quality of life, stress

For citation: Pozdnyakova OG, Kazakova MA, Austrievskih AN, Poznyakovsky VM. Effect of Antioxidant Vitamin Complex on Disease Prevention. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):652–659. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-652-659.

Введение

На сегодняшний день остро стоит проблема витаминной недостаточности взрослого и детского населения. В современном представлении, витамины – это низкомолекулярные органические соединения с высокой биологической активностью, которые необходимы для нормальной жизнедеятельности человеческого организма [1–3]. В организме они производятся в недостаточном количестве или не производятся вовсе. Большую часть этих важных веществ мы получаем с пищей. Поэтому витамины относятся к числу незаменимых (эссенциальных) факторов питания [1].

Витаминная недостаточность – это болезненное состояние, вызванное или нехваткой витамина, или нарушением его «работы» в нашем организме. У этой недостаточности есть три формы: авитаминоз, гиповитаминоз и субнормальная обеспеченность витаминами (иногда ее называют маргинальной или биохимической).

Авитаминоз – это почти полное истощение наших витаминных ресурсов. Такое состояние сопровождается ярко выраженным комплексом проявлений, характерным для дефицита того или иного витамина (например, цинга).

Гиповитаминоз представляет собой резкое, но еще не полное снижение запасов витамина в организме. Его проявления выражены не столь сильно и ярко. По ним трудно определить, какого именно жизненно важного вещества не хватает больному человеку. Плохой аппетит, усталость, снижение работоспособности – все эти проблемы возникают при дефиците самых разных витаминов. Микросимптомы, позволяющие более четко определить, почему пациент плохо себя чувствует, удается заметить далеко не всегда.

Субнормальная обеспеченность витаминами – начальная стадия дефицита витаминов. Чаще всего она проявляет себя нарушениями метаболических и физиологических реакций, в которых участвует «дефицитный» витамин. У начавшейся нехватки жизненно важных веществ бывают и другие проявления [4].

В связи с вышеизложенным оптимизированные витаминные комплексы приобретают большое практическое значение не только с нутрицевтической, но и с общеклинической точки зрения.

Использование комплекса витаминов А (ретинол) и Е (токоферол) обусловлено их синергизмом как основных жирорастворимых антиоксидантов. Их синергизм затрагивает и аспекты биологического действия в отношении сосудистой стенки и эпителиальных тканей. Ретинол улучшает состояние эпителия, способствует кумуляции фибробластами коллагена. Токоферол улучшает трофику тканей. Витамины А и Е способны снижать уровень холестерина в сыворотке крови [5, 10].

Совместное применение ретинола и токоферолов показано при наличии облитерирующего эндартериита и при наличии атеросклеротических изменений стенок сосудов.

Учитывая высокую подверженность организма осидативному воздействию как экзогенного, так и эндогенного происхождения, наличие антиоксидантов в повседневном рационе является доказанной необходимостью. Оксидативный стресс во многом определяет развитие и поддержание хронических заболеваний. Регулярный прием комбинации антиоксидантных витаминов способен это предотвратить.

В связи с этим на базе научно-образовательного центра «Переработка сельскохозяйственного сырья

Таблица 1. Рецептура активного комплекса разработанного препарата

Table 1. Formulation of the active complex

Наименование компонентов	Содержание, мг
Красное пальмовое масло	432
Аскорбиновая кислота	70
Токоферола ацетат 98 %	15,3
Аскорбил пальмитат	10
Бета-каротин 98%	5,1

и пищевые продукты» Кузбасской государственной сельскохозяйственной академии и научно-производственного объединения «АртЛайф» (г. Томск) разработан препарат, который может быть использован в качестве профилактического средства в отношении оксидативного стресса. Действие препарата, представляющего собой твердые желатиновые капсулы, обусловлено входящими в его состав биологически активными компонентами: витаминами С, Е, и бета каротином. С одной капсулой препарата в организм поступает 100 % требуемого количества антиоксидантных витаминов.

В таблице 1 представлена рецептура активного комплекса разработанного препарата в пересчете на 1 желатиновую капсулу массой 0,66 г.

Разработанная рецептура (табл. 1) апробированна на предприятиях компании «АртЛайф», сертифицированных в рамках требований международных стандартов серии ISO 9001, 22000 и правил GMP. Это обеспечивает стабильность качества производимой продукции и ее конкурентоспособность. Все основное и вспомогательное сырье, используемое для производства препарата, должно соответствовать ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и сопровождаться документами, подтверждающими качество и безопасность. Допускается использовать аналогичное сырье отечественного и зарубежного производства с схожими характеристиками (или по качеству не ниже указанного), разрешенное к применению органами Роспотребнадзора.

Исходя из состава активного комплекса, резонно предполагать, что его включение в рацион добровольцев, не прекращающих профессиональную деятельность в условиях высокой психофизической нагрузки, позволит уменьшить выраженность оксидативных процессов и улучшить общее самочувствие.

Витамин С (аскорбиновая кислота) оказывает положительное влияние на образование гемоглобина, созревание эритроцитов, метаболизм фолиевой кислоты. С участием аскорбиновой кислоты происходит инактивация свободных радикалов и метаболизм циклических нуклеидов. Являясь антиоксидантом, аскорбиновая кислота предохраняет мембраны клеток, в частности лимфоциты, от повреждающего действия перекисного окисления.

Витамин Е (токоферол) – важный для организма пищевой компонент. Он обладает антиоксидантными свойствами, т. е. предотвращает повреждающее действие свободных радикалов, ингибируя процессы окисления липидов и формирование свободных радикалов. Он защищает другие жирорастворимые витамины от разрушения кислородом, способствуя усвоению витамина А и Д. Токоферол выполняет структурную функцию, взаимодействуя с фосфолипидами биологических мембран. Он также способствует лучшему использованию белков организмом, их сохранению за счет торможения активности некоторых видов пептидаз (ферментов, расщепляющих различные продукты распада белков). Витамин Е поддерживает функцию мышечной ткани и способствует накоплению в них гликогена, поэтому его рекомендуют применять спортсменам для наращивания мышечной массы. Витамин Е оказывает положительное действие на функцию половых и других эндокринных желез, защищая проводимые ими гормоны от чрезмерного окисления. Токоферол необходим для нормального течения беременности. Его длительный дефицит в рационе может привести к необратимой дегенерации эпителиальных или зародышевых клеток мужских половых желез (тестикул). Он применяется при снижении сексуальной активности, в профилактике простатита, в постклимактерическом периоде у женщин, после операции по удалению матки и яичников. Витамин Е помогает уменьшить риск образования тромбов, повышает устойчивость эритроцитов к гемолизу, укрепляет кровеносные сосуды и является отличным профилактическим средством атеросклероза и тромбофлебита. Повышает физическую выносливость, улучшая эффективность использования кислорода организмом [4, 5, 19, 20].

Биологическая ценность бета-каротина определяется двумя его свойствами: служить предшественником витамина А и выполнять функцию антиоксиданта. Каротин, являясь биологическим антиоксидантом, обеспечивает защиту клеточных мембран от разрушительного действия свободных радикалов. Также, превращаясь в организме в витамин А, регулирует рост костей, участвует в формировании межклеточного вещества, коллагеновых и эластичных волокон соединительной ткани, гладкой мускулатуры сосудов, регулирует восстановление и полноценное функционирование эпителия кожи и слизистых оболочек пищеварительного, дыхательного и мочеполового трактов. Участвует в формировании зрительных пигментов, оказывает положительный эффект для профилактики нарушений сумеречного и цветового зрения, ослабление зрения, конъюнктивите. Снимает усталость глаз у людей, работающих при искусственном освещении у телевизионных и компьютерных экранов [1–5, 9, 11–20].

Таблица 2. Анкета добровольца

Table 2. Questionnaire

Критерии оценки эффективности	Исходно	Через 1 месяц приема
1. Слабость		
2. Утомляемость		
3. Ломкость ногтей и волос		
4. Сухость кожи		

Разработанный препарат прошёл исследования, которые были проведены доктором медицинских наук, профессором Е. Б. Букреевой в городской больнице № 3 города Томска.

Целью работы явилась оценка эффективности разработанного препарата при приёме у добровольцев на фоне высоких психофизических нагрузок профессионального плана.

Объекты и методы исследования

В исследованиях использовались клинический, лабораторный и квалиметрический методы. Была разработана анкета для исследования активности разработанного препарата (табл. 2).

По бальной системе оценивались следующие показатели: вялость, слабость, состояние кожи и её производных. Выраженность названных показателей указывалась по пятибалльной шкале, представленной ниже:

1 – не беспокоит;
2 – незначительно, эпизодически беспокоит;
3 – умеренно беспокоит;
4 – заметно беспокоит;
5 – постоянно беспокоит.

Квалиметрический метод подразумевал оценку качества жизни добровольцев с применением опросника SF-36, рекомендованного ВОЗ в 1999 году для оценки качества жизни в условиях хронических заболеваний.

Опросник SF-36 позволяет дать количественную характеристику физического, эмоционального и социального компонентов качества жизни. Он содержит 36 пунктов, которые сгруппированы в 8 шкал. Количественно оцениваются следующие показатели: физическое функционирование (Physical Functioning – PF), ролевая деятельность (Role – Physical Functioning – RP), телесная боль (Bodily pain – BP), общее здоровье (General Health – GH), жизнеспособность (Vitality – VT), социальное функционирование (Social Functioning – SF), эмоциональное состояние (Role-Emotional – RE) и психическое здоровье (Mental Health – MH) [6–8].

Результаты представляются в виде оценок в баллах и варьируются от 0 до 100 по 8 шкалам, составленных таким образом, чтобы высокая оценка указывала на более высокий уровень качества жизни. Исключением является показатель зависимости качества жизни от болевых ощущений [6, 7].

Разработанный препарат был назначен 20 добровольцам в ноябре-декабре 2018 года. Это работники сферы образования и здравоохранения в возрасте от 28 до 59 лет (6 мужчин, 14 женщин). Особо отмечалось наличие вредной привычки – курения, т. к. она является источником активации оксидативных процессов. Среди участников исследования в основной группе курили 11 человек, в контрольной – 9. Показатель телесной боли не оценивали, т. к. добровольцы чувствовали себя хорошо.

Курс приема разработанного препарата составил 1 месяц. Группу контроля составили 15 добровольцев, рандомизированных и сопоставленных по профессиональному фактору, полу и возрасту основной группе. Контрольная группа потребляла препарат и стандартные аптечные формы витаминов А, С, Е в адекватных дозировках.

Клинический контроль проводили на 31–32 день от начала приема препаратов. В лабораторных условиях оценивали состояние микроциркуляторного русла в тесте нажатия на ногтевое ложе пальца человека. Методика определения заключалась в следующем: необходимо измерить длину ногтя большого пальца от корня до места, где кончается его розовая часть и начинается прозрачный ноготь, который обычно срезается. Затем нажать указательным пальцем на ноготь так, чтобы он побелел. При этом действии кровь будет вытеснена из сосудов ногтевого ложа. Убрать указательный палец. Через некоторое время ноготь начинает краснеть. Повторить опыт, зафиксировать время до полного покраснения пальца. Это время, за которое кровь проделала свой путь.

Была рассчитана скорость кровотока в капиллярах ногтевого ложа по формуле:

$$V = S/t, \quad (1)$$

где S – длина пути, которую пройдет кровь от корня ногтя до его вершины;

t – время, которое ей для этого потребуется.

Концентрацию малонового диальдегида (МДА) определяли по методу M. Uchiyama, M. Mihara.

Результаты и их обсуждение

Повышенный уровень продукции перекисного окисления липидов, характеризующий высокую свободно-радикальную активность, имел место у 100 % добровольцев основной и контрольной группы. При этом резонно предположить о наличии полиэтиологической основы этого состояния. Исходя из этого, неспецефическая антиоксидантная протекция требовалась всем добровольцам. Малоновый диальдегид – эндогенный альдегид, являющийся клинико-лабораторным маркером оксидативного стресса и используемый для прогноза и контроля лечения ишемической болезни сердца,

Таблица 3. Динамика уровня МДА в крови у испытуемых

Table 3. Dynamics of the level of malondialdehyde in the blood

Показатель	Разработанный препарат, n = 20		Контроль, n = 15		Уровень значимости различий, критерий Уилкоксона	
	до	после	до	после	до	после
Содержание МДА, нмоль/л	5,4 ± 1,1	3,8 ± 0,8*	5,2 ± 1,4	4,9 ± 1,6	0,45	0,024

*$P < 0,05$ по сравнению с исходным показателем в группе;
*$P < 0,05$ compared to the baseline in the group.

а также широкого спектра других заболеваний. Результаты определения уровня МДА представлены в таблице 3.

По окончании курсового приема поливитаминных комплексов было отмечено (табл. 3), что уровень МДА в крови у испытуемых стал меньше исходного, причем в группе применяющей разработанный препарат – достоверно, а в контрольной – в виде наметившейся тенденции.

Динамика состояния добровольцев на фоне курсового приема разработанного препарата оказалась положительной (табл. 4). Средний балл вялости, утомляемости и слабости снизился в 1,2–1,3 раза по сравнению с исходными показателями. В контрольной группе добровольцев слабость сохранилась на прежнем уровне. Однако прослеживалась некоторая тенденция к улучшению общего состояния на фоне рекомендаций по рациону и диете с включением витаминов.

Для пациентов, принимавших разработанный комплекс, оказались характерными изменения кожи и её производных. При этом в отношении уменьшения сухости кожи отмечена только тенденция, а жалоб на ломкость ногтей и волос стало в 1,2 раза меньше ($P < 0,05$).

Косвенно об интенсивности метаболических процессов свидетельствует динамика микроциркуляции при тесте нажатия на ногтевое ложе пальца человека (табл. 5).

В таблице 6 представлены значения определения показателей качества жизни добровольцев.

В целом, влияние разработанного препарата на показатели качества жизни добровольцев с высокой профессиональной психофизической нагрузкой можно охарактеризовать как оптимизирующее. Стресс и нагрузки в сфере профессиональной деятельности зачастую лимитируют качество жизни, отражаясь на восприятие физических нагрузок.

Таким образом, разработанный препарат позволяет повысить качество жизни на фоне высоких психофизических нагрузок в его физическом, социальном и эмоциональном аспектах. Поливалентное влияние составных частей разработанного препарата обладает тропностью к системе синтеза коллагена, оказывает антиоксидантное действие, улучшает

Таблица 4. Распределение добровольцев по степени выраженности общих симптомов гиповитаминоза

Table 4. Severity of the general symptoms of hypovitaminosis in the volunteers

Субъективные симптомы	Разработанный препарат, n = 20		Контроль, n = 15		Уровень значимости различий, критерий Уилкоксона	
	до	после	до	после	до	после
Слабость	2,2 ± 0,4	1,8 ± 0,8*	2,3 ± 0,7	2,1 ± 0,9	0,45	0,049
Утомляемость	2,5 ± 0,6	2,0 ± 0,4*	2,4 ± 0,8	2,0 ± 0,5*	0,61	0,33
Ломкость волос и ногтей	2,9 ± 0,3	2,4 ± 0,1*	2,8 ± 0,7	2,6 ± 0,7	0,45	0,048
Сухость кожи	2,2 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,1 ± 0,1	0,55	0,75

*$P < 0,05$ по сравнению с исходным показателем в группе;
*$P < 0,05$ compared to the baseline in the group.

Таблица 5. Динамика микроциркуляции у волонтеров на фоне приема препарата, по данным теста нажатия на ногтевое ложе пальца человека

Table 5. Dynamics of microcirculation after the capillary nail refill test

Показатель	Разработанный препарат, n = 20		Контроль, n = 15		Уровень значимости различий, критерий Уилкоксона	
	до	после	до	после	до	после
Скорость кровотока, мм/с	2,3 ± 0,4	1,7 ± 0,2*	2,2 ± 0,3	1,9 ± 0,2	0,21	0,048

*$P < 0,05$ по сравнению с исходным показателем в группе;
*$P < 0,05$ compared to the baseline in the group.

Таблица 6. Показатели качества жизни добровольцев

Table 6. Quality of life indices before and after the test

Показатель	Разработанный препарат, n=20		Контроль, n=15		Уровень значимости различий, критерий Уилкоксона	
	до	после	до	после	до	после
Общее состояние здоровья	62,6 ± 1,9	79,8 ± 2,4*	61,9 ± 1,7	71,4 ±3,1*	0,52	0,031
Физическое функционирование	74,3 ± 1,2	78,2 ± 3,3*	68,9 ± 1,6	74,3 ± 2,8	0,41	0,046
Влияние физического состояния на ролевое функционирование	72,9 ± 3,4	79,2 ± 2,9*	73,1 ± 4,5	76,0 ± 2,9	0,32	0,042
Влияние эмоционального состояния на ролевое функционирование	78,5 ± 3,8	92,2 ± 2,9*	74,9 ± 4,3	82,8 ±3,6*	0,68	0,033
Социальное функционирование	76,2 ± 2,6	88,3 ± 2,2	75,7 ± 3,5	83,1 ± 2,2	0,64	0,048
Жизнеспособность (по субъективным ощущениям)	81,3 ± 2,2	88,5 ± 3,1	86,6 ± 1,9	90,2 ± 3,6	0,62	0,60
Самооценка психического здоровья	83,6 ± 1,2	84,9 ± 1,8	84,2 ± 1,4	85,5 ± 1,5	0,64	0,75

**P* < 0,05 при сравнении показателей в динамике в пределах одной группы;
**P* < 0,05 when comparing indicators in dynamics within one group.

микроциркуляцию. Учитывая положительные изменения в показателях общей антиоксидантной защиты (снижение уровня МДА), следует указать на возможность профилактического применения препарата в целях снижения риска формирования хронической патологии, в основе которой лежит накопление избыточной свободно радикальной активности, особенно в условиях, когда человек подвержен физической или психологической нагрузке в процессе систематического труда.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности препарата в комплексной антиоксидантной протекции любой этиологии. Судя по динамике снижения уровня МДА в крови, препарат пригоден для профилактики хронических заболеваний, имеющих оксидантную этиологию. Препарат обладает антиоксидантным эффектом, улучшает состояние и качество жизни в условиях повышенных психофизических нагрузок.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Герасименко, Н. Ф. Здоровое питание и его роль в обеспечении качества жизни / Н. Ф. Герасименко, В. М. Позняковский, Н. Г. Челнакова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – Т. 12, № 4. – С. 52–57.

2. Тутельян, В. А. Пищевые ингредиенты в создании современных продуктов питания / В. А. Тутельян, А. П. Нечаев. – М. : ДеЛи Плюс, 2014. – 520 с.

3. 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.

4. Спиричев, В. Б. Биохимическая характеристика эссенциальных нутриентов как научная основа для определения функциональных свойств специализированных продуктов и механизмов их действия на обменные процессы / В. Б. Спиричев, В. В. Трихина // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 5–19. DOI: https://doi.org/10.14529/hsm170201.

5. Тутельян, В. А. Коррекция микронутриентного дефицита - важнейший аспект концепции здорового питания населения России / В. А. Тутельян, В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк // Вопросы питания. – 1999. – Т. 68, № 1. – С. 3–11.

6. Изучение показателей качества жизни у больных ИБС с использованием опросника SF-36 / Г. С. Маль, М. В. Дудка, О. Ю. Бушуева [и др.] // Качественная клиническая практика. – 2016. – № 2. – С. 52–56.

7. Кашкина, Н. В. Изучение показателей качества жизни у больных ИБС с использованием опросника SF-36 / Н. В. Кашкина, Н. С. Боталов, Ю. Э. Некрасова // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 5.

8. Nutritional factor in ensuring health and reliability increase of professional activities of industrial workers / V. V. Trihina, V. B. Spirichev, V. Z. Koltun [et al.] // Food and Raw Materials. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 86–96. DOI: https://doi.org/10.12737/11242.

9. Спиричев, В. Б. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: современные медико-биологические аспекты / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк // Пищевая промышленность. – 2012. – № 7. – С. 98.

10. Обогащенные и функциональные пищевые продукты: сходство и различия / В. К. Мазо, В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская [и др.] // Вопросы питания. – 2012. – Т. 81, № 1. – С. 63–68.

11. Коденцова, В. М. Об обогащении пищевых продуктов витаминами / В. М. Коденцова // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85, № 4. – С. 87–90.

12. Коденцова, В. М. К обоснованию уровня обогащения витаминами и минеральными веществами пищевых продуктов массового потребления / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы питания. – 2011. – Т. 80, № 5. – С. 64–70.

13. Коденцова, В. М. Витаминизированные пищевые продукты в питании детей: история, проблемы и перспективы / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская // Вопросы детской диетологии. – 2012. – Т. 10, № 5. – С. 31–44.

14. Обоснование уровня обогащения пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В. М. Коденцова, О. А. Вржесинская, В. Б. Спиричев [и др.] // Вопросы питания. – 2010. – Т. 79, № 1. – С. 23–33.

15. 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.

16. Surai, P. F. Natural antioxidants and stresses in poultry production: from vitamins to vitagenes / P. F. Surai, V. I. Fisinin // The proceedings of XXV world's poultry congress 2016 – Invited Lecture Papers. – China, Beijing, 2016. – PP. 116–121.

17. Development of the extraction method of inactive forms of pectin substances from fruits to easy-digestible active form during the obtaining of nanofood / V. Pogarska, R. Pavlyuk, R. D. Tauber [et al.] // EUREKA: Life sciences. – 2018. – № 6. – P. 57–64.

18. Regulatory monitoring of fortified foods: identifying barriers and good practices / C. L. Luthringer, L. A. Rowe, M. Vossenaar [et al.] // Global Health Science and Practice. – 2015. – Vol. 3, № 3. – P. 446–461. DOI: https://doi.org/10.9745/GHSP-D-15-00171.

19. From crops to products for crops: preserving the ecosystem through the use of bio-based molecules / A. Godard, P. De Caro, E. Vedrenne [et al.] // OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids. – 2016. – Vol. 23, № 5. DOI: https://doi.org/10.1051/ocl/2016037.

20. Development of new generation 'live' foods with rational use of raw materials from georgian resourses / M. Silagadze, E. Gamkrelidze, S. Gachechiladze [et al.] // Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach / R. Draut. – San Francisco : B&M Publishing, 2016. – P. 238–243. DOI: https://doi.org/10.15350/L_26/8/15.

References

1. Gerasimenko NF, Poznyakovskiy VM, Chelnokova NG. Healthy eating and its role in ensuring the quality of life. Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food. 2016;12(4):52–57. (In Russ.).

2. Tutel′yan VA, Nechaev AP. Pishchevye ingredienty v sozdanii sovremennykh produktov pitaniya [Food ingredients for modern foods]. Moscow: DeLi Plus; 2014. 520 p. (In Russ.).

3. Spirichev VB, Poznyakovskiy VM, Trikhina VV. Obogashchenie pishchevykh produktov mikronutrientami – nadezhnyy put′ optimizatsii ikh potrebleniya [Micronutrient fortification of foods as optimization of their consumption]. Polzunovsky vestnik. 2012;(2–2):9–25. (In Russ.).

4. Spirichev VB, Trikhina VV. Biochemical characteristic of essential nutrients as a scientific basis of determination of functional properties of specialized products and mechanisms of their action on metabolic processes. Human. Sport. Medicine. 2017;17(2):5–19. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.14529/hsm170201.

5. Tutel′yan VA, Spirichev VB, Shatnyuk LN. Korrektsiya mikronutrientnogo defitsita – vazhneyshiy aspekt kontseptsii zdorovogo pitaniya naseleniya Rossii [Correction of micronutrient deficiency as the most important aspect of healthy nutrition of the Russian population]. Problems of Nutrition. 1999;68(1):3–11. (In Russ.).

6. Mal GS, Dudka MV, Bushueva OYu, Bykanova MA, Letov IM. The study of quality of life in patients with coronary artery disease using the SF-36 questionnaire. Good Clinical Practice. 2016;(2):52–56. (In Russ.).

7. Kashkina NV, Botalov NS, Nekrasova YuE. The study of quality of life in patients with coronary artery disease using the SF-36 questionnaire. European Student Scientific Journal. 2018;(5). (In Russ.).

8. Trihina VV, Spirichev VB, Koltun VZ, Avstrievskih AN. Nutritional factor in ensuring health and reliability increase of professional activities of industrial workers. Food and Raw Materials. 2015;3(1):86–96. DOI: https://doi.org/10.12737/11242.

9. Spirichev VB, Shatnyuk LN. Obogashchenie pishchevykh produktov mikronutrientami: sovremennye mediko-biologicheskie aspekty [Micronutrient fortification of food products: modern biomedical aspects]. Food processing industry. 2012;(7):98. (In Russ.).

10. Mazo VK, Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Zilova IS. Enriched and functional foodstuffs: similarities and differences. Problems of Nutrition. 2012;81(1):63–68. (In Russ.).

11. Kodentsova VM. About food fortification with vitamins. Problems of Nutrition. 2016;85(4):87–90. (In Russ.).

12. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA. The justification of levels of vitamins and minerals added to foods of mass consumption. Problems of Nutrition. 2011;80(5):64–70. (In Russ.).

13. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA. Vitamin-enriched food products in nutrition of children: background, problems and prospects. Pediatric Nutrition. 2012;10(5):31–44. (In Russ.).

14. Kodentsova VM, Vrzhesinskaya OA, Spirichev VB, Shatnyuk LN. Substantation of vitamins and minerals level in fortified foodstuffs. Problems of Nutrition. 2010;79(1):23–33. (In Russ.).

15. 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.).

16. Surai PF, Fisinin VI. Natural antioxidants and stresses in poultry production: from vitamins to vitagenes. The proceedings of XXV world's poultry congress 2016 – Invited Lecture Papers; 2016; China, Beijing. China, Beijing: World's Poultry Science Association; 2016. p. 116–121.

17. Pogarska V, Pavlyuk R, Tauber RD, Pogarskiy A, Berestova A, Kravchuk T, et al. Development of the extraction method of inactive forms of pectin substances from fruits to easy-digestible active form during the obtaining of nanofood. EUREKA: Life sciences. 2018;(6):57–64.

18. Luthringer CL, Rowe LA, Vossenaar M, Garrett GS. Regulatory monitoring of fortified foods: identifying barriers and good practices. Global Health Science and Practice. 2015;3(3):446–461. DOI: https://doi.org/10.9745/GHSP-D-15-00171.

19. Godard A, De Caro P, Vedrenne E, Mouloungui Z, Thiebaud-Roux S. From crops to products for crops: preserving the ecosystem through the use of bio-based molecules. OCL – Oilseeds and fats, Crops and Lipids. 2016;23(5). DOI: https://doi.org/10.1051/ocl/2016037.

20. Silagadze M, Gamkrelidze E, Gachechiladze S, Khurtsidze M, Pkhakadze G. Development of new generation 'live' foods with rational use of raw materials from georgian resourses. In: Draut R, editor. Scientific enquiry in the contemporary world: theoretical basics and innovative approach. San Francisco: B&M Publishing; 2016. pp. 238–243. DOI: https://doi.org/10.15350/L_26/8/15.

Сведения об авторах

Позднякова Ольга Георгиевна
канд. техн. наук, доцент кафедры агробиотехнологий, ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел.: +7 (950) 262-85-52, e-mail: 79502628552@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-7599-0676

Казакова Мария Андреевна
научный сотрудник научно-образовательного центра «Переработка сельскохозяйственного сырья и пищевые технологии», ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел.: +7 (908) 944-34-99, e-mail: Mariya_Kazakova.com@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1141-4167

Австриевских Александр Николаевич
д-р техн. наук, профессор, генеральный директор научно производственного объединения «АртЛайф», НПО «АртЛайф», 634034, Россия, г. Томск, ул. Нахимова, 8/2
https://orcid.org/0000-0002-5447-7205

Позняковский Валерий Михайлович
д-р био. наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой индустрии и функционального питания, руководитель научно-образовательного центра «Переработка сельскохозяйственного сырья и пищевые технологии», ФГБОУ ВО «Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия», 650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5, тел.: +7 (905) 960-96-40, e-mail: pvm1947@bk.ru
https://orcid.org/0000-0001-7034-4675

Information about the authors

Olga G. Pozdnyakova
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Agrobiotechnology, Kuzbass State agricultural Academy, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (950) 262-85-52, e-mail: 79502628552@ya.ru
https://orcid.org/0000-0001-7599-0676

Maria A. Kazakova
Research of the Scientific and Educational Center 'Processing of agricultural raw materials and food technologies', Kuzbass State agricultural Academy, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (908) 944-34-99, e-mail: Mariya_Kazakova.com@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1141-4167

Aleksandr A. Avstrievskih
Dr.Sci.(Eng.), Professor, General Director of the Scientific Production Association 'ArtLife', ArtLife, 8/2, Nakhimov Str., Tomsk, 634034, Russia
https://orcid.org/0000-0002-5447-7205

Valeriy M. Poznyakovsky
Dr.Sci.(Bio.), Professor, Head of the Department of Food Industry and Functional Nutrition, Head of the Scientific and Educational Center 'Processing of agricultural raw materials and food technologies', Kuzbass State agricultural Academy, 5, Markovtseva Str., Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (905) 960-96-40, e-mail: pvm1947@bk.ru
https://orcid.org/0000-0001-7034-4675

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-660-670
Оригинальная статья
УДК 664.951
http://fptt.ru/

Оценка рыбного сырья как способ повышения информативности его характеристик

Т. М. Сафронова, Е. М. Панчишина*, В. В. Кращенко, Ю. В. Карпенко

ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б

**e-mail: ekaterina.pan.8@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 03.09.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

© Т. М. Сафронова, Е. М. Панчишина, В. В. Кращенко, Ю. В. Карпенко, 2019

Аннотация.
Введение. В статье представлены результаты исследования развернутой сенсорной оценки на примере массовых объектов рыбного промысла, принадлежащих различным семействам: долгохвостовые вид малоглазый макрурус (*Albatrossia pectoralis*), сельдевые вид тихоокеанская сельдь (*Clupea pallasii*), лососёвые вид кета (*Oncorhynchus keta*). Цель настоящей работы заключается в изучении возможности повышения информативности словесной описательной характеристики рыбного сырья в комплексе с количественной оценкой единичных сенсорных показателей.
Объекты и методы исследования. Для повышения объективности сенсорного исследования применяли метод количественной оценки, результаты которой представлены данными о коэффициентах значимости, индивидуально установленных экспертами, ранжированных и выраженные в процентах как их средние арифметические значения.
Результаты и их обсуждение. Для повышения информативности результатов сенсорных исследований введено понятие «развернутого словесного описания групповых показателей мышечной ткани» исследуемых объектов в сыром и термически обработанном виде. Понятие «расширенное описание» рыбного сырья, кроме основных сенсорных характеристик, описывающих цвет, запах, вкус и консистенцию, включает данные о свойствах его локальных участков, имеющих в частности остатки подкожного слоя, темной мускулатуры, жировых прослоек и др. Развернутая словесная описательная характеристика рыбного сырья дает углубленное представление о его сенсорных особенностях, которые могут составить часть общей информации о его функционально-технологических свойствах – решающего фактора при прогнозировании и планировании качества новой разрабатываемой продукции.
Выводы. Показано, что чем большее число групповых сенсорных показателей характеризует объект, тем меньше и более схожи между собой по величине их коэффициенты значимости, что резко снижает эффект его применения. Коэффициент значимости как способ количественного регулирования доли каждого группового сенсорного показателя в общей сенсорной оценке объекта удобный в измерении, представлении для анализа в визуализированном виде, информативным методом, но только в ограниченных условиях эксперимента.

Ключевые слова. Рыба, сырье, качество продуктов питания, сенсорные свойства, органолептические свойства

Для цитирования: Оценка рыбного сырья как способ повышения информативности его характеристик / Т. М. Сафронова, Е. М. Панчишина, В. В. Кращенко [и др.] // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 660–670. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-660-670.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Evaluation of Fish Raw Materials as a Way to Increase the Information Content of its Characteristics

T.M. Safronova, E.M. Panchishina*, V.V. Krashchenko, Ju.V. Karpenko

The Far Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia

**e-mail: ekaterina.pan.8@mail.ru*

Received: September 03, 2019
Accepted: October 15, 2019

© T.M. Safronova, E.M. Panchishina, V.V. Krashchenko, Ju.V. Karpenko, 2019

Abstract.
Introduction. The research features a detailed sensory evaluation of mass fishing objects belonging to different families, namely: the Macrouridae represented by the giant grenadier (*Albatrossia pectoralis*), the Herrings represented by the Pacific herring (*Clupea*

pallasii), and the Salmons represented by the Keta salmon (*Oncorhynchus keta*). The research objective was to study the possibility of increasing the information content of the verbal description of fish raw materials in combination with a quantitative assessment of individual sensory indicators.
Research objects and methods. The paper introduces the concept of detailed verbal description of group parameters of raw and heat-treated muscle tissue. The description can increase the information capacity of sensory studies. The concept of extended description of fish raw material was added to the main sensory properties that describe color, smell, taste, and consistency. They include data on the properties of local areas with subcutaneous layer, dark muscles, fat layers, etc. Such a detailed verbal description gives an in-depth view of the sensory properties, which is part of general information on the functional and technological properties of the fish and a key factor in designing new developed products. To improve the objectivity of sensory research, the authors employed the method of quantitative evaluation.
Results and discussion. The results were summed up as data on the significance coefficients established by experts, ranked, and expressed as a percentage. The significance coefficient is a method of quantitative regulation of the share of each sensory indicator in the general sensory evaluation. The research showed that the greater the number of group sensory indicators that characterize the object, the smaller and more similar their coefficients of significance, which dramatically reduces application opportunities. Therefore, significance coefficient proved a convenient means of measurement and visual presentation. However, the research was limited by the experimental conditions.
Conclusion. The study of the fish raw materials established, identified, and described individual sensory indicators that involved about twenty lexical units for raw material and thirty units for heat-treated muscle tissue. The individual sensory indicators characterized color, smell, and taste. They differed in the presence of several degrees of gradation and fit into a vertical three-level (sometimes two-level) classification. Group touch indicator of the consistency describes mostly single-level unit indicators with 4–6 lexical units. As a result, the detailed description of sensory properties of fish raw materials included 2–3 times more lexical units compared to the traditional description of fish raw materials in the special reference literature.

Keywords. Fish, raw materials, food guality, sensory properties, organoleptic characteristic

For citation: Safronova TM, Panchishina EM, Krashchenko VV, Karpenko JuV. Evaluation of Fish Raw Materials as a Way to Increase the Information Content of its Characteristics. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):660–670. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-660-670.

Введение

Сенсорная характеристика рыбного сырья относится к одному из базовых показателей водных биологических ресурсов, информация о которых востребована в рыбохозяйственной промышленности, науке и образовании. Сенсорные характеристики представляют собой важный фактор выбора оптимального направления переработки гидробионтов в сравнительном сопоставлении свойств объектов морского промысла и аквакультуры [1–8]. Важность информации о свойствах гидробионтов подтверждает их постоянный мониторинг, обусловленный изменением во времени характеристик сырья под воздействием природно-хозяйственных факторов [9–11].

Методы исследования сенсорных свойств пищевого сырья и продуктов их переработки, в том числе и водных биологических ресурсов, основаны на способности человека адекватно откликаться на внешние раздражители, оценивать их тип, интенсивность и эмоциональное отношение [12, 13]. Непреложный факт распространения субъективности восприятия человеком окружающего мира на сенсорные исследования не препятствует ученым как совершенствовать их методы и повышать объективность результатов, так и поддерживать интерес к разработке инструментальной оценки [14–18]. Оперативность и невысокая затратность метода тестирования человеком пищевых продуктов, а также трудность его замены на тождественный по результату инструментальный анализ предопределяет в настоящее время практическую незаменимость сенсорному методу.

Цель настоящей работы заключается в изучении возможности повышения информативности словесной описательной характеристики рыбного сырья в комплексе с количественной оценкой единичных сенсорных показателей.

Объекты и методы исследования

Объектами служили три вида рыбы мороженой, принадлежащих различным семействам: долгохвостовые вид малоглазый макрурус (*Albatrossia pectoralis*), сельдевые вид тихоокеанская сельдь (*Clupea pallasii*), лососёвые вид кета (*Oncorhynchus keta*). Далее в тексте – макрурус, сельдь, кета. Исследуемые образцы являются промысловыми рыбами Дальневостого рыбохозяйственного бассейна и добываются в северо-восточной части Тихого океана.

Целенаправленность выбора объектов обусловлена существенным различием их сенсорных свойств, что позволяет эффективно осуществить их сравнительный анализ.

Подготовка образцов к экспертизе включала: размораживание, филетирование, порционирование и заготовку мышечной ткани в сыром и термически обработанном виде (соответственно МТ-С и МТ-ТО). Термическую обработку проводили согласно известному методу [19].

Сенсорную оценку образцов осуществляла группа экспертов из семи специалистов (средний возраст 34 года), имеющих высшее образование в области

технологии рыбных продуктов, 57 % из которых имеют ученые степени и звания, а также прошедших ранее обучение и принимавших практическое участие в экспертизе в соответствие с ГОСТ ISO 8586-2015[1]. Эксперты предварительно знакомились с задачами исследования, прописями методов, а также проводили профессиональную тренировку, аналогичную реальной экспертизе.

Во время рабочего заседания эксперты индивидуально выполняли: развернутое словесное описание групповых и единичных сенсорных показателей (ГСП и ЕСП) и их количественное описание с использованием интервальных 5-балльных шкал, широко применяемых в сенсорной оценке рыбного сырья и продуктов его переработки[2].

Проведение органолептических испытаний осуществлялось в специализированной по ГОСТ ISO 8589-2014[3] лаборатории сенсорного анализа, созданной на базе кафедры технологий продуктов питания ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Научное и организационное руководство, сбор, обработка, оформление и согласование результатов экспертизы, их анализ и написание работы выполнялись авторами настоящей статьи в соответствии с требованиями ГОСТ ISO 8586-2015.

Результаты и их обсуждение

Предваряя анализ развернутой описательной характеристики (табл. 1), авторы отмечают, что градацию сенсорных свойств проводили по принципу от сложного к простому [14]. Мы принимали совокупность исследуемых сенсорных свойств за комплексный показатель. Оцениваемые цвет, запах, вкус и консистенцию – за групповые, остальные характеристики – за единичные показатели различного уровня рассмотрения, среди которых наиболее распространены: на первом уровне – основной признак и его интенсивность, на втором – оттенки и их интенсивность, на третьем – разрозненные индивидуальные характеристики.

В настоящей работе предусматривается, что понятие «расширенное описание», кроме основных сенсорных характеристик рыбного сырья, включает данные о свойствах оттенков и их интенсивности, локальных участках, представляющих остатки подкожного слоя, фрагменты темной мускулатуры, жировых прослоек и т. д., а также гедоническую оценку.

В описании исследуемых объектов использованы лексические единицы (ЛЕ), представляющие собой слова, устойчивые словосочетания и предложения, способные обозначать в данном случае сенсорные признаки ГСП и ЕСП, известные в технической литературе или предложенные экспертами [19–25]. Для описания одного исследуемого объекта эксперты использовали в среднем 47 ЛЕ, более 60 % которых относится к МТ-ТО, т. к. она, по сравнению с МТ-С, дополнительно описывает, кроме цвета, запаха и консистенции, еще и вкус.

Характерно, что в развернутом описании встречается дублирование отдельных ЛЕ. Например, в основных характеристиках ГСП с максимальной частотой упоминаются: цвет – белый, серый, бурый; запах – рыбный, морской, приятный; вкус – рыбный, сладковатый, приятный; консистенция – плотная, упругая, сочная.

Индивидуальное описание обеспечивается дополнением к основным характеристикам других свойств ЕСП – интенсивности, оттенков, детализацией описания отдельных частей образца и др. Так один из основных видов запаха «рыбный» (табл. 1), повторенный шестикратно, поддерживается характерными ЛЕ: запах рыбный + морской (1), моллюсковый (2), свойственный сельди (3), умеренный (4), свойственный лососевым (5), свойственный вареной рыбе (6).

Сравнительная характеристика сенсорных свойств МТ-С и МТ-ТО, полученная в идентичных условиях эксперимента, позволяет оценить с высокой степенью вероятности влияние на результаты оценки не только биологических различий объектов, но и способа их обработки, в данном случае термического воздействия. Отмеченные для исследуемых объектов изменения характеризуются следующим образом:

– цвет – сохранение основного цвета, разнонаправленное изменение его интенсивности в зависимости от вида рыбы; изменение цвета оттенков и степени их осветления; снижение количества ЛЕ, описывающих цвет всех объектов за счет его большей выразительности (21–16);

– запах – исчезновение запаха сырости; проявление запаха вареной рыбы и новых оттенков; увеличение особенно за счет сельди количества ЛЕ (20–25);

– консистенция – снижение частоты использования термина «водянистость»; появление терминов «нежность», «сухость», «волокнистость»; увеличение количества ЛЕ (13–19).

Отмеченные особенности развернутой сенсорной оценки рыбного сырья позволяют отнести ее к одному из характерных и незаменимых признаков понятия общего качества объекта.

Количественные результаты исследования представлены данными о коэффициенте значимости (Кзн), среди которых различают как установленные индивидуально экспертами (Кзнэ) и ранжирован-

[1] ГОСТ ISO 8586-2015. Органолептический анализ. Общие руководящие указания по отбору, обучению и контролю за работой отобранных испытателей и экспертов-испытателей. – М. : Стандартинфом, 2015. – 26 с.

[2] ГОСТ ISO 4121-2016. Органолептический анализ. Руководящие указания по применению шкал количественных характеристик. – М. : Стандартинфом, 2016. – 8 с.

[3] ГОСТ ISO 8589-2014 Органолептический анализ. Общее руководство по проектированию лабораторных помещений. – М. : Стандартинфом, 2015. – 16 с.

Таблица 1. Развернутая описательная характеристика единичных сенсорных показателей (ЕСП) исследуемых видов рыб

Table 1. Detailed descriptive characteristics of individual sensory indicators of the fish species

ЕСП	МТ-С	МТ-ТО
ЦВЕТ		
Показатели:	**Макрурус**	
1. Основной	белый	белый
2. Интенсивность	–	исключительный, очень
3. Оттенок	сероватый, желтоватый, слегка кремовый	голубоватый, сероватый
4. Цвет отдельных участков	в МТ вкрапления бурой мускулатуры, подкожный слой слегка кремовый	в МТ желтоватые вкрапления, подкожные участки желтовато-кремовые
5. Количество лексических единиц (ЛЕ)	7	7
	Сельдь	
1. Основной	кремовый	кремовый
2. Интенсивность	светлый	светлый
3. Оттенок	серый, розовый, бежевый	беловатый
4. Цвет отдельных участков	в МТ вкрапления темно-бордового цвета, подкожный слой темно-розовый с коричневым оттенком	в МТ прослойки темного мяса, подкожный слой темно-кремовый с темно-коричневым оттенком
5. Количество ЛЕ	7	5
	Кета	
1. Основной	розово-оранжевый	розовый
2. Интенсивность	темный, светлый	–
3. Оттенок	серый, бежевый	светло-оранжевый
4. Цвет отдельных участков	местами темно-бурые вкрапления	поверхность кусков матового оттенка
5. Количество ЛЕ	7	4
ЗАПАХ		
Показатели:	**Макрурус**	
1.Основной	рыбный/морской свежести	рыбный
2. Интенсивность	явно, слабо, едва выражен	едва, слабо
3. Оттенки	–	моллюсковый, сладковатый
4. Гедоническая оценка	приятный	приятный
5. Количество ЛЕ	6	6
	Сельдь	
1.Основной	рыбный, свойственный сельди	рыбный
2. Интенсивность	ярко, явно, умеренно	ярко, сильно, умеренно
3. Оттенки	морской, сырости	запах жира свежей рыбы, едва ощутимый в послевкусии
4. Гедоническая оценка	приятный	ароматный, гармоничный, приятный
5. Количество ЛЕ	8	12
	Кета	
1.Основной	рыбный, свойственный лососевым	рыбный, свойственный вареной рыбе
2. Интенсивность	явно, слабо	ярко, сильно, отчетливо
3. Оттенки	сырости	–
4. Гедоническая оценка	приятный	ароматный, приятный
5. Количество ЛЕ	6	7
КОНСИСТЕНЦИЯ		
Показатели:	**Макрурус**	
1. Описанные однокорневыми прилагательными+интенсивность	очень водянистая, расползающаяся	очень нежная, студенистая, водянистая, волокнистая, расползающаяся
2. Описанные двукорневыми прилагательными	средне-упругая,	–
3.Количество ЛЕ	5	6
	Сельдь	
1. Описанные однокорневыми прилагательными + интенсивность	незначительно водянистая	слегка суховатая, незначительно волокнистая, при нажатии расслаивается на миосепты
2. Описанные двукорневыми прилагательными	упруго-плотная	средне-плотная
3. Количество ЛЕ	4	7
	Кета	
1. Описанные однокорневыми прилагательными + интенсивность	среднеплотная, упругая	плотная, слегка суховатая, крупноволокнистая, при нажатии расслаивается на миосепты
2. Описанные двукорневыми прилагательными	упруго-плотная	–
3. Количество ЛЕ	4	6

Продолжение таблицы 1

ЕСП	МТ-ТО
ВКУС	
Показатели:	**Макрурус**
1. Основной	сладковато-рыбный
2. Интенсивность	выражен слабо
3. Оттенки	небольшая кислинка, напоминают креветку, палтуса, речную рыбу
4. Вкусовые свойства	невысокие
5. Гедоническая оценка	приятный
6. Количество ЛЕ	11
	Сельдь
1. Основной	рыбный
2. Интенсивность	слабовато выражен
3. Оттенки	сладковатый, кисловатый
4. Вкусовые свойства	хорошие
5. Гедоническая оценка	приятный, гармоничный
6. Количество ЛЕ	7
	Кета
1. Основной	рыбный
2. Интенсивность	слегка, умеренно
3. Оттенки	слегка сладковатый
4. Вкусовые свойства	довольно высокие
5. Гедоническая оценка	приятный
6. Количество ЛЕ	8

ные (Кзнр), так и их средние арифметические значения, выраженные в процентах. Количественно (выражено в баллах) сенсорное качество отражают оценка отдельных ГСП (Бэ) и их рассчитанные с учетом Кзнр значения (Бр), а также расчетное среднее значение всех ГСП, обозначающее общее сенсорное качество объекта исследования (ОСК).

Анализ результатов экспертной оценки Кзнэ (рис. 1б, в) свидетельствует о том, что их величина колеблется в зависимости от ряда факторов: индивидуальности эксперта, вида характеризуемого ГСП, вида исследуемого рыбного сырья и от принадлежности образца к МТ-С или МТ-ТО.

В соответствии с ГОСТ ISO 8586-2015 анализ полученных результатов позволил оценить работу комиссии по согласованности мнений экспертов в целом. Для этого использовали статистический метод, основанный на группировке статистических данных с построением вариационного ряда и получением средних значений с умеренным коэффициентом вариации, находящимся в пределах 30–70 %. Вариация считается умеренной, а полученным результатам можно доверять.

Данные позволили различить три способа индивидуального подхода экспертов к присвоению величины Кзнэ. Одним из них (1) предусматривается возрастающая примерно на равный интервал величина Кзнэ для каждого из рассматриваемых ГСП, другим (2) – идентичность по величине Кзнэ для каждого ГСП. В третьем, наиболее многочисленном и поэтому достоверном по результатам подходе (3), присваиваются близкие по значению Кзнэ для большинства ГСП. Оставшийся Кзнэ отличается от предшествующей группы минимально. Предпочтение, отдаваемое экспертами тому или иному способу установления Кзнэ, приведенные для МТ-С (рис. 1б): способ 1 – цвет (Э–2), запах (Э–3), консистенция (Э–4, Э–7); способ 2 – консистенция (Э–5), цвет, запах и консистенция (Э–6); способ 3 – цвет (Э–1, Э–4, Э–5, Э–7), запах (Э–1, Э–2, Э–4, Э–5, Э–7), консистенция (Э–2, Э–3).

К индивидуальным склонностям экспертов относится также тенденция к завышению/занижению результатов по отношению к среднему значению Кзнэ, иллюстрируемые для МТ-ТО (рис 1в). Из 84 рассматриваемых оценок Кзнэ, 8 максимально отклонялись от средних значений, поставленных пятью из семи экспертами, исключая Э–1 и Э–2. По повторяемости отклонений в результатах эксперты характеризуются следующим рядом с убывающей последовательностью: Э–7 > 5 > 3 = 4 = 6. При этом повторяемость для ГСП выглядит как ряд: цвет > вкус = консистенция > запах.

На величину Кзнэ оказывают влияние характер ГСП и вид исследуемой рыбы, но проявляются они в меньшей мере, чем подход экспертов к оценке. Для упоминаемой выше МТ-С величина Кзнэ цвета колеблется в диапазоне минимум/максимум (22–50 %). Это характерно для всех исследуемых видов рыб. Кзнэ запаха у двух видов рыб – макруруса и кеты – оценен экспертами с минимальным расхождением результатов (33–45 %), оставаясь у сельди, как и Кзнэ ее цвета, в широком диапазоне колебаний оценок. Для консистенции характерен минимальный уровень оценки Кзнэ (12–17 %) при единичном случае высокого максимума (45 %).

Совокупность факторов влияния на достоверность величины Кзнэ в определенной степени нивелировалось методом ранжирования, результаты которого представлены как средние арифметические данные Кзнр всех исследуемых объектов (табл. 2).

Между значениями Кзнр и Кзнэ наблюдается различие, максимальная величина которого находится в пределах от –8 до +8 % (макрурус, консистенция, МТ-С и МТ-ТО), а минимальная – 0 (кета, вкус, МТ-ТО). Учитывая постоянство суммы Кзн ГСП, принятое в настоящем исследовании равным 100 %, изменения в сочетании Кзн могут проходить только за счет внутреннего перераспределения величин.

Установленные на основе данных таблицы 2 ряды величин Кзн, расположенных в порядке убывания (табл. 3), позволяют расширить представление о факторах влияния на происходящие перестановки внутри сочетаний ГСП.

Ранжирование величин Кзн оказало различное влияние на расстановку в сочетаниях единичных показателей МТ-С и МТ-ТО отдельных видов рыб: для макруруса в обеих позициях изменений не наблюдается; у кеты они минимальны и состоят в перестановке на одну позицию вкуса и консистенции в образцах МТ-ТО; расстановка у сельди оказалась неустойчивой как между Кзнэ и Кзнр, так и МТ-С (перестановка цвета и консистенции) и МТ-ТО (перестановка вкуса, запаха и консистенции). При

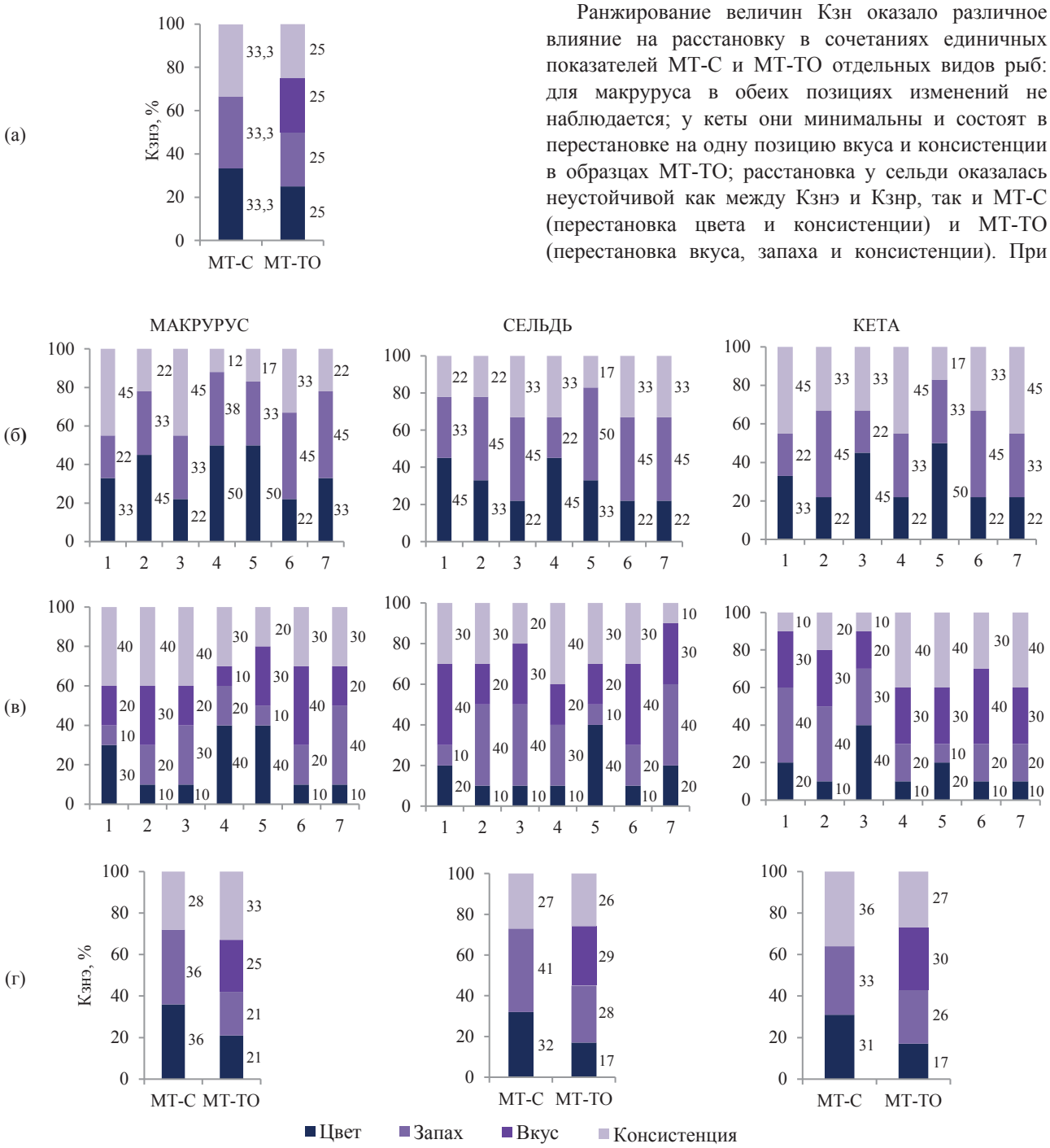


Рисунок 1. Схемы площадей ГСП с учетом Кзнэ в общем качестве исследуемых видов рыб: (а) частный случай площадей, когда Кзнэ равнозначны между собой; (б) индивидуальная оценка экспертов (Э 1–7) в общем качестве МТ-С; (в) МТ-ТО; (г) средняя арифметическая оценка

Figure 1. Areas of group sensory indicators that take into account expert significance coefficient in the general quality of the fish species: (a) a particular case of areas where the expert significance coefficient were equal; (b) individual expert assessment (E 1–7) in the general quality of the raw muscle tissue; (c) heat-treated muscle tissue; (d) arithmetic mean value

Таблица 2. Количественное выражение средних значений Кзнэ и Кзнр

Table 2. Mean values of expert significance coefficient and ranked expert significance coefficient

Вид рыбы	ГСП	МТ-С			МТ-ТО		
		Кзнэ	Кзнр	Δ*	Кзнэ	Кзнр	Δ
Макрурус	Ц	36	42	6	21	14	–7
	З	36	38	2	21	18	–3
	В	–	–	–	25	27	2
	К	28	20	–8	33	41	8
Сельдь	Ц	32	26	–6	17	13	–4
	З	41	46	5	28	34	6
	В	–	–	–	29	24	–5
	К	27	28	1	26	29	3
Кета	Ц	31	24	–7	17	13	–4
	З	33	38	5	26	23	–3
	В	–	–	–	30	30	0
	К	36	38	2	27	34	7

* Кзнэ – Кзнр;
*expert significance coefficient – ranked expert significance coefficient.

значительном различии описательной сенсорной характеристики МТ-ТО макруруса и кеты их расстановки идентичны, исключая позицию Кзнэ. Высоко устойчивым во всех сочетаниях оказывается место цвета: в 9 случаях из 12 он занимает в ряду последнее место, один раз второе (сельдь, МТ-С) и дважды первое (макрурус, МТ-С).

Не однотипные по количеству характеризующих ГСП образцы МТ-С и МТ-ТО (рис. 1б, в) при равенстве Кзнэ для всех ЕСП однотипных между собой образцов значительно отличаются величиной Кзнэ: у МТ-С (3 ГСП) она составляет 33,3 %, а у МТ-ТО (4 ГСП) – 25 % (рис. 1а). Подобное обстоятельство позволяет предположить, что уже при увеличении числа сенсорных показателей до 5–6, а это реальные значения для пищевых продуктов, и соответствующем снижении Кзн до 20–17 %, введение этого показателя утрачивает смысл [26].

Средние значения Бэ и Бр, присвоенные индивидуальным ГСП (табл. 4), представляют собой достаточно высокие, хорошо согласующиеся между собой результаты (4,1–4,8) за небольшим объективным исключением (3,7), принадлежащим оценке консистенции макруруса.

Расчетная величина ОСК составляет 4,4–4,5 для всех видов исследованных рыб независимо от способа предварительной обработки. Попытка рассчитать Бр показала, что Бэ ГСП изменяют свою величину пропорционально используемому Кзнр. Однако значения Бр выходят за пределы 5-балльной шкалы максимально до 5,2–6,1, а удовлетворительно оцениваемые по Бэ объекты исследования опускаются до уровня 2,3–3,1. Это не отвечает реальному состоянию качества образцов. Расчетная величина общего качества, найденная с использованием Кзнр по принятым методам, остается равной ОСК, рассчитанному как средняя Бэ [13, 17].

Таблица 3. Факторы, влияющие на величины Кзнэ и Кзнр, представленные в ряду с убывающей последовательностью

Table 3. Factors affecting the values of expert significance coefficient and ranked expert significance coefficient presented in a series with decreasing sequence

Вид рыбы	Кнз	Ряд МТ-С	Ряд МТ-ТО
Макрурус	Кзнэ	Ц = З > К	К > В > З = Ц
	Кзнр	Ц = З > К	К > В > З > Ц
Сельдь	Кзнэ	З > Ц > К	В > З> К > Ц
	Кзнр	З > Ц >К	З > К > В > Ц
Кета	Кзнэ	К > З > Ц	В > К > З > Ц
	Кзнр	К = З > Ц	К > В > З > Ц

Таблица 4. Сравнительная оценка средних значений Бэ и Бр, выраженных в баллах

Table 4. Scored comparative assessment of mean values of individual group sensory properties and their values calculated according to their ranked expert significance coefficients expressed in points

ГП	Бэ	Кзн	Бр	Бэ	Кзн	Бр
	МТ-С			МТ-ТО		
	Макурурус					
Ц	4,8	42	6,0	4,8	21	4,0
З	4,6	38	5,2	4,7	21	3,9
В	–	–	–	4,1	25	4,1
К	3,8	20	2,3	3,7	33	4,9
ОСК	4,4	100	4,5	4,3	100	4,2
	Сельдь					
Ц	4,4	26	3,4	4,4	17	3,0
З	4,7	46	6,5	4,6	28	5,2
В	–	–	–	4,3	29	5,0
К	4,4	28	3,7	4,4	26	4,6
ОСК	4,5	100	4,6	4,4	100	4,4
	Кета					
Ц	4,3	24	3,1	4,7	17	3,2
З	4,6	38	5,2	4,6	26	4,8
В	–	–	–	4,6	30	5,5
К	4,7	38	5,4	3,7	27	4,0
ОСК	4,5	100	4,6	4,4	100	4,4

Выводы

Исследованием рыбного сырья установлены, идентифицированы и описаны единичные сенсорные показатели с привлечением соответственно порядка 20 лексических единиц соответственно для сырой и 30 единиц термически обработанной мышечной ткани. Единичные сенсорные показатели, характеризующие в свою очередь групповые – цвет, запах и вкус – отличаются наличием нескольких степеней градации и вписываются в вертикальную трехуровневую (реже двухуровневую) классификацию. Групповой сенсорный показатель консистенция описывается преобладающим образом

одноуровневыми единичными показателями с привлечением 4–6 лексических единиц. В итоге развернутая описательная характеристика сенсорных свойств рыбного сырья включает в 2–3 раза большее количество лексических единиц по сравнению с описанием рыбного сырья в специальной справочной литературе.

Следует отметить наличие различий между понятиями развернутой и исчерпывающей описательной сенсорной характеристики рыбного сырья, последняя из которых может быть достигнута при усложнении условий эксперимента.

Метод регулирования доли групповых сенсорных признаков в общей сенсорной оценке объекта исследования путем введения коэффициента значимости показал себя удобным в измерении и эффективным, однако, в ограниченных условиях. Установленная величина коэффициента значимости зависит в наибольшей степени от индивидуального подхода эксперта к процедуре оценки и от количества групповых показателей, характеризующих объект исследования. Экспериментально показано, что большинство из экспертов присваивает коэффициентам значимости близкие между собой значения. Вторая группа экспертов располагает величины коэффициентов в порядке, близком к арифметической прогрессии. Эксперты третьей группы один из коэффициентов оценивают на максимальном или минимальном уровне, а остальные – как практически равнозначные. Величина коэффициентов значимости обратно пропорциональна количеству групповых показателей в объекте, что при их значении более 5 резко снижает эффективность метода.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность

Авторы выражают экспертам, принявшим участие в сенсорном исследовании, искреннюю благодарность за квалифицированную экспертизу.

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 experts who participated in the sensory evaluation for the highly qualified examination they provided.

Список литературы

1. Петрова, Л. Д. Изменение функционально-технологических свойств рыбного фарша под воздействием разных способов производства / Л. Д. Петрова, В. Д. Богданов // Вестник Камчатского государственного технического университета. – 2019. – № 47. – С. 55–61. DOI: https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-47-55-61.

2. Cankiriligil, E. C. Sensorial evaluation of fish croquettes produced from different seafood / E. C. Cankiriligil, N. Berik // Aquatic Sciences and Engineering. – 2018. – Vol. 33, № 3. – P. 96–101. DOI: https://doi.org/10.26650/ASE201818.

3. Ormanci, H. B. Nutritional and sensory properties of salted fish product, *lakerda* / H. B. Ormanci, F. A. Colakoglu // Ormanci and Colakoglu, Cogent Food and Agriculture. – 2015. – Vol. 1. DOI: https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1008348.

4. De Silva, M. P. K. S. K. Evaluation of sensory and proximate properties of reservoir grown tilapia (*Oreochromis niloticus*) and cage cultured genetically improved farmed tilapia (gift) / M. P. K. S. K. De Silva, W. A. R. K. Senaarachchi, N. P. P. Liyanage // International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. – 2015. – Vol. 2, № 4. – P. 10–13.

5. Nkrumah, T. Physico-chemical and sensory properties of frankfurter-type fish sausage / T. Nkrumah, W. Y. Akwetey // American Journal of Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 6, № 3. – P. 118–122. DOI: https://doi.org/10.12691/ajfst-6-3-6.

6. Recent advances in methods and techniques for freshness quality determination and evaluation of fish and fish fillets: A review / J.-H. Cheng, D.-W. Sun, X.-A. Zeng [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2015. – Vol. 55, № 7. – P. 1012–1225. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2013.769934.

7. Sensory characterization, physico-chemical properties and somatic yields of five emerging fish species / O. Lazo, L. Guerrero, N. Alexi [et al.] // Food Research International. – 2017. – Vol. 100. – P. 396–406. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.023.

8. Culinary preparation effects on lipid and sensory quality of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) and meagre (*Argyrosomus regius*): An inter-species comparison / N. Alexi, D. Kogiannou, I. Oikonomopoulou [et al.] // Food Chemistry. – 2019. – Vol. 301. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125263.

9. Тупоногов, В. Н. Современное состояние глубоководных рыбных ресурсов дальневосточных морей и прилегающих вод Тихого океана: запасы, промысел, перспективы рыболовства / В. Н. Тупоногов // Рыбное хозяйство. – 2018. – № 4. – С. 48–55.

10. Морское природопользование: концепция, современные проблемы и пути их решения / Д. Я. Фащук, И. В. Землянов, Ю. В. Кочемасов [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2015. – № 1. – С. 21–34.

11. Insights into organic farming of European sea bass *Dicentrarchus labrax* and gilthead sea bream *Sparus aurata* through the assessment of environmental impact, growth performance, fish welfare and product quality / P. Di Marco, T. Petochi, G. Marino [et al.] // Aquaculture. – 2017. – Vol. 471. – P. 92–105. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.012.

12. Чугунова, О. В. Сенсорный анализ и его значение в оценке качества и безопасности пищевых продуктов / О. В. Чугунова // Научное обозрение. Технические науки. – 2016. – № 3. – С. 118–129.

13. Shahidi, F. Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications / F. Shahidi, K. Miyashita, U. Wanasundara. – Wiley-Blackwell, 2010. – 576 p. DOI: https://doi.org/10.1002/9781444325546.

14. Сафронова, Т. М. Органолептический профиль пищевого продукта: объективизация метода оценки / Т. М. Сафронова, Е. М. Панчишина // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2017. – Т. 358, № 4. – С. 88–91.

15. Современные методы сенсорной оценки мясной продукции / А. Б. Лисицин, Т. Г. Кузнецов, А. А. Лазарев [и др.] // Всё о мясе. – 2015. – № 3. – С. 26–30.

16. Кузнецов, Т. Г. Статистические методы для оптимизации сенсорных характеристик мясных продуктов / Т. Г. Кузнецов, А. А. Лазарев, И. Г. Анисимова // Всё о мясе. – 2014. – № 5. – С. 18–21.

17. Родина, Т. Г. Сенсорный анализ как составляющая товарной экспертизы пищевых продуктов / Т. Г. Родина // Международная торговля и торговая политика. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 83–95.

18. Stone, H. Sensory Evaluation Practices. Fourth Edition / H. Stone, R. N. Bleibaum, H. A. Thomas. – Elsevier, 2012. – P. 233–289. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382086-0.00006-6.

19. Быков, В. П. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб / В. П. Быков. – М. : ВНИРО, 1998. – 223 с.

20. Яровая, Е. Ю. Лингвокультурологические особенности прилагательных полимодальных ощущений во французском, английском и русском языках / Е. Ю. Яровая // Научные ведомости. Серия Гуманитарные науки. – 2015. – Т. 209, № 12. – С. 74–83.

21. Fenko, A. Describing product experience in different languages: The role of sensory modalities / A. Fenko, J. J. Otten, H. N. J. Schifferstein // Journal of Pragmatics. – 2010. – Vol. 42, № 12. – P. 3314–3327. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pragma.2010.05.010.

22. Strauss, S. The linguistic aestheticization of food: a cross-cultural look at food commercials in Japan, Korea, and the United States / S. Strauss // Journal of Pragmatics. – 2005. – Vol. 37, № 9. – P. 1427–1455. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pragma.2004.12.004.

23. Одинцов, А. Б. Использование рыб Атлантического океана / А. Б. Одинцов. – М. : Колос-Пресс, 2001. – 144 с.

24. Быков, В. П. Технологические свойства мелких мезопелагических рыб / В. П. Быков. – М. : ВНИРО, 1990. – 72 с.

25. Lu, X. Sensory quality of Atlantic salmon as affected of fish size and fillet part / X. Lu. – Ås : Norwegian University of Life Sciences, 2017. – 60 p.

26. Оценка пищевых продуктов методом органолептического профиля при нетипичном количестве дескрипторов / Т. М. Сафронова, Е. М. Панчишина, С. Н. Максимова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – Т. 361, № 1. – С. 95–101.

References

1. Petrova LD, Bogdanov VD. Changes of functional and technological properties of minced fish based on different methods of production. Bulletin of Kamchatka State Technical University. 2019;(47):55–61. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-47-55-61.

2. Cankiriligil EC, Berik N. Sensorial evaluation of fish croquettes produced from different seafood. Aquatic Sciences and Engineering. 2018;33(3):96–101. DOI: https://doi.org/10.26650/ASE201818.

3. Ormanci HB, Colakoglu FA. Nutritional and sensory properties of salted fish product, *lakerda*. Ormanci and Colakoglu, Cogent Food and Agriculture. 2015;1. DOI: https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1008348.

4. De Silva MPKSK, Senaarachchi WARK, Liyanage NPP. Evaluation of sensory and proximate properties of reservoir grown tilapia (*Oreochromis niloticus*) and cage cultured genetically improved farmed tilapia (gift). International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2015;2(4):10–13.

5. Nkrumah T, Akwetey WY. Physico-chemical and sensory properties of frankfurter-type fish sausage. American Journal of Food Science and Technology. 2018;6(3):118–122. DOI: https://doi.org/10.12691/ajfst-6-3-6.

6. Cheng J-H, Sun D-W, Zeng X-A, Liu D. Recent advances in methods and techniques for freshness quality determination and evaluation of fish and fish fillets: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2015;55(7):1012–1225. DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2013.769934.

7. Lazo O, Guerrero L, Alexi N, Grigorakis K, Claret A, Pérez JA, et al. Sensory characterization, physico-chemical properties and somatic yields of five emerging fish species. Food Research International. 2017;100:396–406. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.023.

8. Alexi N, Kogiannou D, Oikonomopoulou I, Kalogeropoulos N, Byrne DV, Grigorakis K. Culinary preparation effects on lipid and sensory quality of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) and meagre (*Argyrosomus regius*): An inter-species comparison. Food Chemistry. 2019;301. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125263.

9. Tuponogov VN. Modern state of the deep-sea fishery resources in far eastern seas and the adjacent waters of the pacific ocean: biomass, stocks, prospects of fisheries. Fisheries. 2018;(4):48–55. (In Russ.).

10. Fashchuk DYa, Zemlyanov IV, Kochemasov YuV, Zatsepa SN. Marine environmental management: formation of the concept, modern problems and ways of their decision within ecosystem approach. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya. 2015;(1):21–34. (In Russ.).

11. Di Marco P, Petochi T, Marino G, Priori A, Finoia MG, Tomassetti P, et al. Insights into organic farming of European sea bass *Dicentrarchus labrax* and gilthead sea bream *Sparus aurata* through the assessment of environmental impact, growth performance, fish welfare and product quality. Aquaculture. 2017;471:92–105. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.012.

12. Chugunova OV. Scientific review: analysis of touch and its significance in the evaluation of quality and food safety. Scientific Review. Technical science. 2016;(3):118–129. (In Russ.).

13. Shahidi F, Miyashita K, Wanasundara U. Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Applications. Wiley-Blackwell; 2010. 576 p. DOI: https://doi.org/10.1002/9781444325546.

14. Safronova TM, Panchishina EM. Organoleptic profile of food product: objectification of the evaluation method. News of institutes of higher education. Food technology. 2017;358(4):88–91. (In Russ.).

15. Lisitsin AB, Kuznetsov TG, Lazarev AA, Anisimova IG. Sovremennye metody sensornoy otsenki myasnoy produktsii [Modern methods of sensory evaluation of meat products]. All about the meat. 2015;(3):26–30. (In Russ.).

16. Kuznetsova TG, Lazarev AA, Anisimova IG. Statistical methods for optimization of touch characteristics of meat products. All about the meat. 2014;(5):18–21. (In Russ.).

17. Rodina TG. Sensory analysis as a component of commodity expertise of food products. International Trade and Trade Policy. 2015;1(1):83–95. (In Russ.).

18. Stone H, Bleibaum RN, Thomas HA. Sensory Evaluation Practices. Fourth Edition. Elsevier; 2012. pp. 233–289. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382086-0.00006-6.

19. Bykov VP. Spravochnik po khimicheskomu sostavu i tekhnologicheskim svoystvam morskikh i okeanicheskikh ryb [Reference book on the chemical composition and technological properties of marine and oceanic fish]. Moscow: All-Russian Research Institute of Fishery and Oceanography; 1998. 223 p. (In Russ.).

20. Yarovaya YYu. Lingvo-cultural features of the polymodal senses attributes in the french, english and russian languages. Belgorod State University Scientific bulletin. 2015;209(12):74–83. (In Russ.).

21. Fenko A, Otten JJ, Schifferstein HNJ. Describing product experience in different languages: The role of sensory modalities. Journal of Pragmatics. 2010;42(12):3314–3327. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pragma.2010.05.010.

22. Strauss S. The linguistic aestheticization of food: a cross-cultural look at food commercials in Japan, Korea, and the United States. Journal of Pragmatics. 2005;37(9):1427–1455. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pragma.2004.12.004.

23. Odintsov AB. Ispol′zovanie ryb Atlanticheskogo okeana [Use of Atlantic fish]. Moscow: Kolos-Press; 2001. 144 p. (In Russ.).

24. Bykov VP. Tekhnologicheskie svoystva melkikh mezopelagicheskikh ryb [Technological properties of small mesopelagic fish]. Moscow: All-Russian Research Institute of Fishery and Oceanography; 1990. 72 p. (In Russ.).

25. Lu X. Sensory quality of Atlantic salmon as affected of fish size and fillet part. Ås: Norwegian University of Life Sciences; 2017. 60 p.

26. Safronova TM, Panchishina EM, Maksimova SN, Surovtseva EV. Estimation of food products by the method of organoleptic profile with an atypical number of descriptors. News of institutes of higher education. Food technology. 2018;361(1):95–101. (In Russ.).

Сведения об авторах

Сафронова Тамара Михайловна
д-р. техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б, e-mail: tsafronova1933@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-8394-2092

Information about the authors

Tamara M. Safronova
Dr.Sci.(Eng.), Professor, The Far Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: tsafronova1933@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-8394-2092

Панчишина Екатерина Мироновна
канд. техн. наук, доцент кафедры пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б, e-mail: ekaterina.pan.8@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8394-2092

Кращенко Виктория Владимировна
канд. техн. наук, доцент, заведующая кафедрой пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б, e-mail: victoriy_vl@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8394-2092

Карпенко Юлия Валерьевна
аспирант кафедры пищевой биотехнологии, ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет», 690087, Россия, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б, e-mail: bozhuk@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1652-5245

Ekaterina M. Panchishina
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor of the Department of Food Biotechnology, The Far Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: ekaterina.pan.8@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8394-2092

Victoria V. Krashchenko
Cand.Sci.(Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Food Biotechnology, The Far Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: victoriy_vl@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8394-2092

Julia V. Karpenko
Postgraduate Student of the Department of Food Biotechnology, The Far Eastern State Technical Fisheries University, 52B, Lugovaya Str., Vladivostok, 690087, Russia, e-mail: bozhuk@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-1652-5245

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-671-679
Оригинальная статья
УДК 336.717.061(571.17)
http://fptt.ru/

Оценка основных компонентов кредитного риска в секторе коммерческого кредитования организаций Кемеровской области

С. Г. Черниченко*, Р. М. Котов

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

**e-mail: chernichenko66@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 04.06.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

© С. Г. Черниченко, Р. М. Котов, 2019

Аннотация.
Введение. Эволюция рыночных условий хозяйствования экономических субъектов диктует непрерывное усовершенствование денежно-кредитных отношений, в составе которых особое место занимает коммерческий кредит, расширяющий возможности предприятий в маневрировании оборотным капиталом и активизирующий механизм мобилизации и перераспределения свободных товарных ресурсов в производственной сфере. В научной статье представлены целостные исследования в области оценочной процедуры, ориентированной на уровень кредитного риска в определённом секторе коммерческого кредитования.
Объекты и методы исследования. По результатам теоретических исследований в разрезе классического, законодательного, научно-исследовательского и синтезированного авторского форматов, были выделены идентификационные конструктивные особенности коммерческого кредита и зафиксирована специфика кредитного риска в указанных условиях.
Результаты и их обсуждение. Для проведения оценочной процедуры необходима ориентация на отдельный сегмент рынка коммерческого кредита с заданной регионально-отраслевой принадлежностью. На основании сортировки участников рынка по сальдо зачёта незавершённых долгов выбор пал на металлургические предприятия Кемеровской области.
Выводы. Прикладной раздел статьи отражает авторский трёхстадийный методический подход, включающий следующие этапы экспериментально-аналитической работы: 1) структурирование рисковой ситуации и унификация структурных элементов кредитного риска; 2) выявление частных индикаторов оценки кредитного риска в разрезе его структурных элементов; 3) анализ частных индикаторов основных компонентов кредитного риска на базе сформированной оценочной конструкции, а также синтез оценочных характеристик на заданном регионально-отраслевом уровне на фоне общероссийских тенденций.

Ключевые слова. Кредит, риск, кредитор, дебитор, индикатор, фактор, оценка, структурирование, унификация, синтез

Для цитирования: Черниченко, С. Г. Оценка основных компонентов кредитного риска в секторе коммерческого кредитования организаций Кемеровской области / С. Г. Черниченко, Р. М. Котов // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 671–679. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-671-679.

Original article
Available online at http://fptt.ru/eng

Assessing Credit Risk in the Sphere of Commercial Lending to Organizations of the Kemerovo Region

S.G. Chernichenko*, R.M. Kotov

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

**e-mail: chernichenko66@mail.ru*

Received: June 04, 2019
Accepted: October 15, 2019

© S.G. Chernichenko, R.M. Kotov, 2019

Abstract.
Introduction. Market evolution requires a constant improvement of monetary relations. Commercial credit expands the ability of enterprises to maneuver their working capital. It also mobilizes and redistributes free commodity resources in the production sector. The paper presents a holistic research in the field of credit risk assessment in a particular sector of commercial lending.
Study objects and methods. The theoretic section of this publication identifies the design features of a commercial loan and the specific credit risks. The theoretical studies were performed in the context of the classical, legislative, scientific, and synthesized copyright formats. To conduct an assessment, it is necessary to focus on a separate segment of the commercial loan market, with a given regional and industry affiliation. By sorting the market participants according to the balance of outstanding pending debts, the authors chose the metallurgical enterprises of the Kemerovo region as research object.

Results and discussion. The applied section reflects the authentic three-stage methodological approach, which includes the following stages of experimental and analytical work. The first stage involves structuring the risk situation and the structural elements of credit risk. The macroeconomic level involves three zones of indirect impact: state, region, and industry. At the microeconomic level, the authors identified several types of risk, in the order of their manifestation. The first one is the risk of delay in repayment of debt arising from the risk of capital structure and business risk. The second type involves subsequent risk of default on the loan, associated mainly with the potential risk of bankruptcy of a potential debtor. The second stage reflects the identification of private indicators for assessing credit risk in the context of its structural elements as based on 17 popular techniques, models, and recommendations of leading foreign and domestic scientists. The targeted selection was based on a given preference criterion, i.e. frequency of applying the coefficient in analytical practice. Thus, the authors obtained the following thematically differentiated combinations: financial independence ratio (capital structure risk indicator), indicators of the quality and correlation of receivables and payables (business risk indicators), coefficient current liquidity and the ratio of own working capital (bankruptcy risk indicators). The third stage involves an analysis of private indicators of the main components of credit risk. The analysis is based on the formed valuation design and the synthesis of valuation characteristics at a given regional and industry level, as compared with all-Russian trends.
Conclusion. The analysis of most indicators revealed an unstable situation in the credit policy of metallurgical enterprises in the region, i.e. huge arrays and a high share of overdue debts, an irrational capital structure, a low level of liquidity of the balance sheet, and a significant proportion of unprofitable enterprises. Thus, a high level of risk of delay in repayment of debt and an increasing risk of bankruptcy can increase the level of risk of loan default.

Keywords. Credit, risk, creditor, debtor, indicator, factor, assessment, structuring, unification, synthesis

For citation: Chernichenko SG, Kotov RM. Assessing Credit Risk in the Sphere of Commercial Lending to Organizations of the Kemerovo Region. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):671–679. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-671-679.

Введение

Коммерческий (производственный) кредит имеет специфическую природу, которая изучена в нескольких форматах: классический (по К. Марксу) [11], законодательный[1], научно-исследовательский [4, 7, 10, 12]. В данной статье фрагментарно представлен синтезированный авторский подход, в рамках которого коммерческий кредит позиционируется как «специфическая форма товарно-денежных отношений авансирующего характера, возникающих между кредитором и дебитором по поводу перераспределения ссуженной стоимости» [26]. По результатам исследований были выделены некоторые конструктивные особенности коммерческого кредита: непосредственная связь с производством; специфическая товарно-денежная (смешанная) форма отношений; взаимосвязь торговой и кредитной сделок в условиях сопровождения сделки купли-продажи товаров; отсутствие профессиональных кредиторов; экономические отношения авансирующего характера между кредитором и дебитором; двойственный и краткосрочный характер кредитных отношений; перераспределение ссуженной стоимости как цель этих отношений; зависимость эффективности сделки от производственного потенциала поставщика и финансовых возможностей покупателя; дебиторская и кредиторская задолженность предприятия как завуалированная форма коммерческого кредитования.

Детально оценивая идентификационные конструктивные особенности коммерческого кредита, можно подчеркнуть специфику кредитного риска в заданных условиях: ситуативное состояние неопределённости относительно сроков и фактов погашения обязательств, воспроизводящее вероятностную, двойственную и противоречивую природу возможных исходов торгово-кредитной операции, а также многовариантные сценарии принятия управленческих решений. Уровень кредитного риска кредитора обусловлен уровнем кредитоспособности дебитора, который оценивают на базе показателей структуры капитала, денежных потоков, финансового состояния предприятия и т. п. В прикладной части мы намерены провести оценку уровня кредитного риска по отдельным структурным компонентам, которые в рамках исследовательской работы будут выявлены. С этой целью ориентируемся на отдельный сегмент рынка коммерческого кредита с заданной регионально-отраслевой принадлежностью. Избирая отрасль народного хозяйства для экспериментально-аналитической работы и сосредоточиваясь на условии повсеместного распространения «вынужденного» взаимного кредитования отечественных организаций, сортируем участников рынка по сальдо зачёта незавершённых долгов (рис. 1).

С определённой долей условности можно допустить, что диагностирующими факторами сложившейся ситуации в сфере коммерческого кредитования выступают: с одной стороны – низкий уровень экономической эффективности деятельности «чистых дебиторов»; с другой – политическая ценовая монополия «чистых кредиторов». Учитывая специфику региона и тот факт, что состояние и развитие металлургической промышленности в конечном итоге определяют уровень научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства, экспериментально-аналитическую работу выполняем на материалах металлургических предприятий Кемеровской области. Указанный сектор экономики принадлежит к «чистым дебиторам», уровню кредитоспособности которых следует дать оценку.

[1] Гражданский Кодекс Российской Федерации. Часть первая N 51-ФЗ (ред. от 18.07.2019). – М, 2019.

«Чистые дебиторы»	«Чистые кредиторы»
сельское хозяйство, химическая промышленность, металлургия, машиностроение и т.п.	транспорт, электро-энергетика, топливная индустрия и т.п.

Рисунок 1. Дифференциация отраслей народного хозяйства, по сальдо взаимного зачёта незавершённой задолженности в сфере коммерческого кредитования [12]

Figure 1. Differentiation of sectors of the economy, according to the balance of the mutual offset of outstanding debt in the field of commercial lending [12]

Целью работы является конструирование и апробация методического подхода к оценке кредитного риска в сфере коммерческого кредитования.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования выступают объективные закономерности формирования системы денежно-кредитных отношений на микро- и макроуровне.

В качестве предмета исследования рассматривается оценочная процедура в области кредитного риска в производственной сфере.

Теоретической и методологической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных исследователей, посвященные вопросам теории риска, теории принятия решений, риск-менеджмента, кредитного дела.

Информационная база исследования отражает материалы государственной статистики и справочно-методическую литературу.

В процессе исследования применялись следующие методы: экономико-статистический, монографический, абстрактно-логический, методы сравнения и группировки, анализа и синтеза и др.

Результаты и их обсуждение

Логику исследовательской работы, с учётом её целевой направленности, можно продемонстрировать следующим образом. Предпосылкой для оценки риска является детализация рисковой ситуации с целью подробного изучения каждого структурного элемента. Для оценки отдельных компонентов необходимо определиться с ключевыми параметрами оценочной процедуры и синтезировать их в аналитическую конструкцию. Применение полученной аналитической схемы позволит принять эффективное управленческое решение. Таким образом, для конструирования аналитической схемы предусмотрены три стадии исследовательской работы:

1) структурирование рисковой ситуации и унификация структурных элементов кредитного риска;
2) выявление частных индикаторов оценки кредитного риска в разрезе его структурных элементов;
3) анализ частных индикаторов основных компонентов кредитного риска на базе сформированной оценочной конструкции, а также синтез оценочных характеристик на заданном регионально-отраслевом уровне, на фоне общероссийских тенденций.

Итак, на первой стадии обозначим необходимость разбиения рисковой ситуации на элементы, структурируем и унифицируем кредитный риск виртуального поставщика продукции. Кредитный риск имеет многопозиционные сущностные характеристики: индивидуальный и спекулятивный характер; финансовую и предпринимательскую основу; диверсифицируемый, несистематический и страхуемый формат; многофакторный типаж и т. п. В сфере коммерческого кредитования ситуация обостряется ещё и производственным характером денежно-кредитных отношений дебитора и кредитора. Всё вышеизложенное позволяет предположить, что кредитный риск является некоторой совокупностью рисков, которую необходимо детализировать (структурировать). Под структурированием кредитного риска понимаем процесс разбиения целостной рисковой ситуации

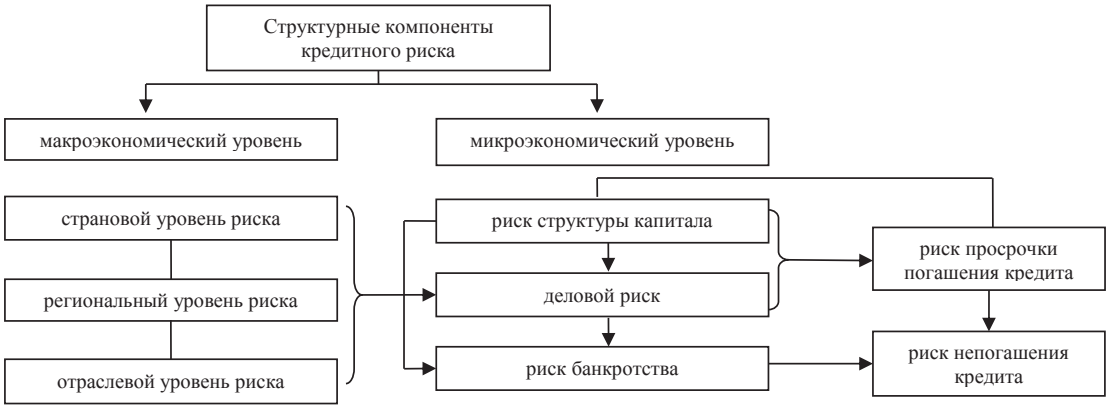


Рисунок 2. Система взаимообусловленности структурных компонентов кредитного риска [2, 3, 14, 16]

Figure 2. System of interdependence of structural components of credit risk [2, 3, 14, 16]

на составные элементы с целью их обособленного изучения с последующей взаимоувязкой (унификацией) аналитического материала. Руководствуясь зависимостью кредитного риска кредитора от уровня кредитоспособности дебитора, проецируем основные направления кредитного анализа на процесс выделения структурных элементов кредитного риска. В этой связи на макроэкономическом уровне предусматриваем 3 зоны косвенного воздействия: страновая, региональная и отраслевая. На микроэкономическом уровне отражаем несколько видов риска, в порядке их проявления: 1) риск просрочки погашения контрагентом задолженности, возникающий из-за риска структуры капитала и делового риска; 2) последующий риск непогашения кредита, связанный с финансовой несостоятельностью потенциального дебитора [2, 3]. Риск просрочки погашения задолженности возникает в силу двух причин: несбалансированности потоков входящих и исходящих платежей предприятия и неадекватной структуры его капитальной базы. Первая причина трансформируется в деловой риск. Вторая причина формирует риск структуры капитала дебитора, который усиливает деловой риск. Риск просрочки платежей может трансформироваться в риск непогашения кредита, которому предшествует риск банкротства. Каждый дебитор характеризуется индивидуальным риском банкротства, который является следствием делового риска и риска структуры капитала. Таким образом, природа кредитного риска представлена совокупностью рисковых ситуаций, которые можно определить как структурные компоненты кредитного риска (рису. 2).

Представленный комплект рисковых ситуаций, возникающих в процессе коммерческого кредитования, свидетельствует о сложности и многогранности оценочной процедуры в заданной области.

На второй стадии исследовательской работы выявляем частные индикаторы оценки кредитного риска в разрезе его структурных элементов. Под индикаторами (указателями) кредитного риска понимаем ключевые параметры, обладающие наиболее высокими прогностическими характеристиками. Выявление индикаторов предусматривает целенаправленный выбор отдельных показателей из совокупности на основании заданного критерия предпочтения (частота применения коэффициента в аналитической практике). Опираясь на достижения кредитного анализа в коммерческом кредитовании на основании 17 известных методик, моделей и рекомендаций ведущих учёных в заданной области исследования (Ю. Бригхем и Л. Гапенски; Ф. Ли Ченг и Дж. Финнерти; Р. Д. Мехта; Дж. Ван Хорн; Д. С. Эверт; И. Ф. Брик; М. Хамбург; Дж. Фостер; А. И. Гончаров; М. И. Ткачук и Е. Ф. Киреева; Э. Хелферт; О. В. Ефимова и М. В. Мельник; В. В. Ковалёв; И. Я. Лукасевич; В. П. Савчук; А. Д. Шеремет, Р. С. Сайфулин и Е. В. Негашев; Т. В. Теплова), зондируем следующие параметры: продолжительность оборота дебиторской задолженности (DSO); однодневный товарооборот (ADS); коэффициент «лакмусовой бумажки»; коэффициент обеспеченности процентов по кредитам (TIE); доля заемного капитала в ресурсной базе; доля просрочки в долгах перед кредиторами; процент торговой скидки; доля объема реализации со скидкой в валовом объеме реализации; коэффициент покрытия; доля кредиторской задолженности в текущих обязательствах; соизмерение кредиторской задолженности и выручки; показатель движения товарных запасов; долговой показатель D; долговой показатель K; соотношение обязательств и собственных средств; способность обслуживания долга; удельный вес долгов в совокупных активах; денежные потоки; рабочий (функционирующий, работающий) капитал (WC); квота долгов дебиторов в оборотном капитале; квота просрочки в долгах дебиторов; показатель погашения долгов дебиторов и др. [1–3, 5–7, 8–10, 13, 15–17].

Прокомментируем состав итоговой эмпирической информации, дифференцированной по аналитическим векторам, обусловленным структурными компонентами кредитного риска, и дополненной. Учёт страновой, отраслевой и региональной зон воздействия предусматривает исследование заданной статистической базы в разрезе региона и отрасли на фоне общероссийских показателей. Для оценки риска структуры капитала целесообразно исследовать уровень коэффициента финансовой независимости, отражающего долевое участие собственного капитала в формировании ресурсной базы организации. Роль дебиторской и кредиторской задолженности заключается в выполнении функции отсроченного денежного потока на предприятии. В этой связи в качестве основных характеристик делового риска в процессе коммерческого кредитования будут представлены показатели качества дебиторской и кредиторской задолженности, а также степень их сопряжённости. В рамках риска банкротства должны быть рассмотрены ключевые показатели прогностической процедуры банкротства, а именно: коэффициенты текущей ликвидности и обеспеченности собственными оборотными средствами[2]. Кроме того, представленная статистическая информация о сальдированных финансовых результатах, уровне рентабельности активов и доле убыточных предприятий в совокупности на всех уровнях аналитической информации позволит судить о предпосылках финансовой несостоятельности хозяйствующих субъектов. В таблице 1 представим итоговый набор частных индикаторов структурных компонентов кредитного риска в производственном секторе кредитных отношений.

[2] Федеральный закон «О несостоятельности (банкротстве)» от 26.10.2002 N 127-ФЗ.

Таблица 1. Генеральный набор частных индикаторов оценки кредитного риска в рамках коммерческого кредита

Table 1. General set of private indicators for assessing credit risk in a commercial loan

Базовые вектора кредитного риска	Структурные компоненты кредитного риска	Частные индикаторы структурных компонентов кредитного риска
Риск просрочки погашения кредита	Риск структуры капитала	Коэффициент финансовой независимости
	Деловой риск	Показатели качества незавершённой задолженности
		Показатель сопряжённости дебиторской и кредиторской задолженности
Риск непогашения кредита	Риск банкротства	Коэффициент текущей ликвидности
		Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами

* составлено по [1–3, 5–7, 8–10, 13, 15–17];
* compiled according to [1–3, 5–7, 8–10, 13, 15–17].

Третья стадия экспериментально-аналитической работы опирается на оценку ситуативного состояния и выявленные тренды в движении частных индикаторов отдельных структурных компонентов кредитного риска за последние 3 года (табл. 2).

Общероссийский и региональный уровни коэффициента финансовой независимости отражают соответствие норме. В отраслевом сегменте показатель не достигает рекомендуемого значения. Более того, регионально-отраслевая компонента характеризуется очень низкой концентрацией собственного капитала и негативной динамикой коэффициента. Следовательно, в течение расчётного периода произошло повышение уровня риска структуры капитала в регионально-отраслевом сегменте коммерческого кредитования.

Уровень делового риска сложно оценить однозначно. Массивы незавершённой задолженности российских предприятий растут. При этом темпы роста дебиторской и кредиторской задолженности не всегда сопоставимы. Задолженность перед кредиторами стабильно превышает долги дебиторов. На регионально-отраслевом уровне объём долгов более стабилен во времени, а темпы роста условно сопряжены. В динамике наметилась тенденция доминирования дебиторской задолженности над кредиторской. Это свидетельствует о трансформации металлургических предприятий из должников в кредиторов в рамках заданного временного отрезка. Однако на всех уровнях аналитической информации входящие и исходящие денежные потоки разбалансированы.

Аналогичные тенденции выявлены в движении просроченных долгов: усиление негативных тенденций в деятельности российских предприятий и положительные сдвиги в решении кризиса неплатежей в регионально-отраслевом секторе. Но ещё очень высока доля просроченных долгов в совокупной незавершённой задолженности анализируемых предприятий на фоне среднестатистического российского хозяйствующего субъекта. Судя по уровню просроченных долгов в сфере коммерческого кредита металлургических предприятий региона, деловой риск ещё очень высок. Но нельзя не заметить положительную динамику большинства оценочных параметров, означающую ослабление уровня риска.

Статистическая информация, характеризующая уровень коэффициента текущей ликвидности, свидетельствует о ненормативных значениях показателя (≥ 2) на всех аналитических уровнях, но о чётко выраженной тенденции их роста. Напротив, коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами демонстрирует своё нормативное значение и относительно стабильную динамику. Не достигает заданного уровня лишь коэффициент российских металлургических предприятий. Но его положительная величина говорит в пользу достаточности собственного оборотного капитала. Отдельные аналитические направления в рамках риска финансовой несостоятельности свидетельствуют в большинстве случаев о негативных тенденциях. При значительном росте положительного сальдированного финансового результата по материалам организаций РФ, в том числе и металлургических, данный показатель в отраслевом сегменте Кузбасса имеет негативную динамику. При снижении доли убыточных предприятий в народном хозяйстве РФ отмечен рост их удельного веса в зоне ответственности металлургических предприятий Кемеровской области. Рост уровня рентабельности активов в целом по народному хозяйству сопровождается падением данного параметра в регионально-отраслевом сегменте. Уровень рентабельности активов металлургических предприятий Кузбасса примерно в 2 раза ниже общероссийского показателя и в 3,5 раза ниже регионального.

В целом, анализ большинства показателей свидетельствует о нестабильной ситуации в области кредитной политики металлургических предприятий региона, об огромных массивах и высокой доле просроченной задолженности, о нерациональной структуре капитала, о низком уровне ликвидности баланса и значительном удельном весе убыточных предприятий.

Опираясь на характеристику отдельных структурных элементов кредитного риска в сфере коммерческого кредитования металлургических предприятий Кузбасса, формируем общие выводы

Таблица 2. Ситуативное состояние и тренды в движении частных индикаторов отдельных структурных компонентов кредитного риска по данным 2015–2017 гг.

Table 2. Situational state and trends in the movement of private indicators of individual structural components of credit risk in 2015–2017

Аналитический вектор	Страновой уровень риска	Региональный уровень риска	Отраслевой (металлургия) уровень риска	
			РФ	Кузбасс
1. Риск структуры капитала:				
Коэффициент финансовой независимости (норма: > 0,5), %	Соответствие норме. Положительная динамика: 0,502 0,510 0,513	Соответствие норме. Негативная динамика: 0,677 0,678 0,676	Ненормативный уровень. Положительная динамика: 0,431 0,433 0,443	Ненормативный уровень. Негативная динамика: 0,292 0,264 0,278
2. Деловой риск:				
Кредиторская задолженность	Темп роста 114,3 % 38925596 42280108 44481335	Темп роста 99,02 % 492942 502514 488113	Темп роста 124,99 % 3927337 4004943 4908714	Темп роста 96,13 % 45119 43994 43376
Дебиторская задолженность	Темп роста 112,65 % 35736421 37053181 40257623	Темп роста 122,96 % 490960 548808 603666	Темп роста 140,62 % 2807441 3824597 3947851	Темп роста 96,66 % 66287 68225 64071
Превышение кредиторской задолженности над дебиторской	Темп роста 132,43 % 3189175 5226927 4223712	Тем прироста –5830,12 % 1982 –46294 –115553	Темп роста 85,80 % 1119896 180346 960863	Темп роста 97,80 % –21160 –24231 –20695
Просроченная кредиторская задолженность	Темп роста 107,72 % 2428757 2656177 2616343	Темп роста 65,24 % 127675 113224 83302	Темп роста 122,81 % 403294 496010 495304	Темп роста 67,57 % 13983 14119 12589
Просроченная дебиторская задолженность	Темп роста 102,11 % 2275556 2240921 2323561	Темп роста 89,78 % 81597 94013 73261	Темп роста 106,64 % 289453 311906 308665	Темп роста 93,41 % 11987 12135 11198
Превышение просроченной кредиторской над просроченной дебиторской задолженностью	Темп роста 191,11 % 153201 415256 292782	Темп роста 21,79 % 46078 29992 10041	Темп роста 163,95 % 113841 184104 186639	Темп роста 69,68 % 1996 1984 1391
Доля просроченной кредиторской задолженности в общей сумме, %	Абсолютное отклонение –3,3 % 6,2 6,3 2,9	Абсолютное отклонение –8,9 % 26,0 22,5 17,1	Абсолютное отклонение –0,2 % 10,3 12,4 10,1	Абсолютное отклонение –1,1 % 30,1 32,1 29,0
Доля просроченной дебиторской задолженности в общей сумме, %	Абсолютное отклонение –3,6 % 6,4 6,0 2,8	Абсолютное отклонение –4,5 % 16,6 17,1 12,1	Абсолютное отклонение 5,1 % 10,3 8,2 15,4	Абсолютное отклонение –0,6 % 18,1 17,8 17,5
3.Риск банкротства:				
Сальдированный финансовый результат (прибыль минус убыток)	Темп роста 120,45 % 7502796 12801581 9036848	Темп прироста 1173,56 % –21933 133811 257398	Темп роста 124,92 % 1837068 3066695 2294789	Темп роста 70,00 % 17545 25650 12282
Рентабельность активов, %	Абсолютное отклонение 0,5 % 4,7 5,0 5,2	Абсолютное отклонение –0,3 % 9,4 10,7 9,1	Абсолютное отклонение 0 % 2,9 3,1 2,9	Абсолютное отклонение –0,1 % 2,6 2,4 2,5

Продолжение таблица 2

Удельный вес убыточных организаций (в процентах от общего числа организаций), %	Абсолютное отклонение –0,7 % 32,6 29,5 31,9	Абсолютное отклонение –1,6 % 36,6 36,5 35,0	Абсолютное отклонение –2,1 % 30,6 26,1 28,5	Абсолютное отклонение 6,4 % 34,6 32,3 41,0
Коэффициент текущей ликвидности (норма: > 2,0), единиц	Абсолютное отклонение 0,08 1,26 1,30 1,34	Абсолютное отклонение 0,02 1,14 1,16 1,16	Абсолютное отклонение 0,01 1,22 1,17 1,23	Абсолютное отклонение 0,1 1,01 1,06 1,11
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами (норма: > 0,1), единиц	Абсолютное отклонение 0,04 0,13 0,15 0,17	Абсолютное отклонение 0,03 0,03 0,03	Абсолютное отклонение –0,02 0,21 0,21 0,19	Абсолютное отклонение –0,02 0,19 0,20 0,17

* составлено по литературным источникам[345678];
* compiled according to literary source[345678].

Рисунок 3. Оценка структурных компонентов кредитного риска в сфере коммерческого кредитования металлургических предприятий Кемеровской области по данным 2015–2017 гг.

Figure 3. Assessment of the structural components of credit risk in the field of commercial lending to metallurgical enterprises of the Kemerovo Region in 2015–2017

[3] Официальный сайт Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Кемеровской области. – Режим доступа: https://kemerovostat.gks.ru. – Дата обращения: 25.02.2019.
[4] Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – Режим доступа: https://www.gks.ru. – Дата обращения: 27.02.2019.
[5] Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. Статистический сборник. – М. : Росстат, 2018. – 751 с.
[6] Регионы России. Социально-экономические показатели. Статистический сборник. – М. : Росстат, 2018. – 1162 с.
[7] Российский статистический ежегодник. Статистический сборник. – М. : Росстат, 2018. – 694 с.
[8] Справочник финансовых показателей отраслей Российской Федерации. – Режим доступа: https://www.testfirm.ru/finfactor. – Дата обращения: 27.02.2019.

(рис. 3). Повышение (ревальвация) уровня риска структуры капитала, в связи с ослаблением финансовой независимости предприятий, и высокий уровень делового риска (незначительно девальвирующийся, в связи со снижением объёмов незавершённой задолженности, в т. ч. просроченной), по причине недопустимой доли просроченной задолженности, трансформируются в высокий уровень риска просрочки погашения задолженности.

Средний уровень риска банкротства, обусловленный положительным сальдированным финансовым результатом, рентабельным использованием активов, нормативным уровнем коэффициента обеспеченности собственными оборотными средствами, в условиях негативной динамики большинства показателей значительно повышается по причине существенного роста и без того высокого удельного веса убыточных предприятий (с 32,3 % до 41,0 %) в заданном секторе.

Высокий уровень риска просрочки погашения задолженности и возрастающий риск банкротства проецируются на повышение уровня риска непогашения кредита. Основными сигналами в пользу такого решения являются: недопустимый уровень просроченных долгов и неприемлемый процент убыточных предприятий в данном секторе.

Выводы

Таким образом, динамика некоторых параметров подчиняется общероссийским, отраслевым и региональным тенденциям, но в большинстве случаев возникают разногласия между аналитической информацией различных уровней, что подчёркивает необходимость специфического подхода к оценочной процедуре.

В заключении подчеркнём основные достижения и научно-практическую новизну исследований:

– структурирование кредитного риска в сфере коммерческого кредита и унификация его структурных компонентов;

– выявление, систематизация и тематическая сегментация частных индикаторов структурных компонентов кредитного риска;

– инженерия и апробация оценочной конструкции для оценки кредитного риска в рамках коммерческого кредита.

По нашему мнению, практическое применение данной аналитической схемы позволит осуществлять предварительную оценку уровня кредитного риска в отрасли (регионе) потенциального дебитора, тем более что возможно использование созданной оценочной конструкции в индивидуальном порядке.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Баянова, О. В. Управление дебиторской задолженностью посредством финансового анализа / О. В. Баянова // Финансовая экономика. – 2019. – № 2. – С. 242–245.

2. Брычкин, А. В. Кредитный риск как объект управления на предприятии / А. В. Брычкин // Финансы и кредит. – 2002. – Т. 104, № 14. – С. 10–21.

3. Брычкин А. В. Кредитный риск как объект управления на предприятии / А. В. Брычкин // Финансы и кредит. – 2002. – Т. 105, № 15. – С. 66–72.

4. Валенцева, Н. И. Законы кредита и закономерности его развития в системе фундаментальных основ оценки кредитной деятельности банка / Н. И. Валенцева // Банковское дело. – 2019. – № 6. – С. 53–57.

5. Воробьев, С. Н. Системный анализ и управление рисками в предпринимательстве / С. Н. Воробьев, К. В. Балдин. – М. : МОДЕК, 2009. – 760 с.

6. Галяутдинова, А. Р. Проблемы управления дебиторской задолженностью на предприятии и пути их решения / А. Р. Галяутдинова // Российское предпринимательство. – 2015. – Т. 16, № 20. – С. 3425–3440. DOI: https://doi.org/10.18334/гр.16.20.1997.

7. Голубов, А. П. Аспекты управления отраслевой диверсификацией кредитного портфеля и показателями концентрации / А. П. Голубов, А. В. Марьин, Г. В. Чуев // Управление финансовыми рисками. – 2010. – № 3. – С. 166–172.

8. Катлишин, О. И. Сокращение дебиторской задолженности как способ улучшения финансовых показателей ликвидности и независимости предприятия / О. И. Катлишин // Финансовая экономика. – 2019. – № 3. – С. 353–356.

9. Килячков, А. А. Риски в условиях цифрового общества и тенденции их развития / А. А. Килячков, Л. А. Чалдаева // Финансы и кредит. – 2019. Т. 25, № 6 (786). – С. 1444–1453. DOI: https://doi.org/10.24891/fc.25.6.1444.

10. Костюченко, Н. Анализ кредитных рисков. Часть 2. Проблемная задолженность / Н. Костюченко. – М. : Скифия, 2012. – 376 с.

11. Маркс, К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 3. Процесс капиталистического производства, взятый в целом / К. Маркс. – М. : Политиздат, 1989. – 1078 с.

12. Пещанская, И. В. Краткосрочный кредит: теория и практика / И. В. Пещанская. – М. : Экзамен, 2003. – 320 с.

13. Понкратова, А. А. Управление кредиторской задолженностью производственного предприятия / А. А. Понкратова, Т. Е. Дрок // Вопросы экономики и управления. – 2016. – Т. 5, № 3. – С. 79–85.

14. Регионы России. Основные характеристики субъектов Российской Федерации. Статистический сборник. – М. : Росстат, 2018. – 751 с.

15. Смирнов, В. В. Анализ российского кредитного рынка / В. В. Смирнов, А. В. Мулендеева // Финансы и кредит. – 2019. – Т. 25, № 7 (787). – С. 1484–1500. DOI: https://doi.org/10.24891/fc.25.7.1484.

16. Хамская, С. Г. Оценка кредитного риска в рамках коммерческого кредитования: монография / С. Г. Хамская. – Кемерово, 2009. – 188 с.

17. Чирская, М. А. Эффективность инструментов в управлении дебиторской задолженностью на различных этапах / М. А. Чирская // Финансовая экономика. – 2019. – № 2. – С. 106–108.

References

1. Bayanova OV. Accounts receivable management through financial analysis. Financial Economy. 2019;(2):242–245. (In Russ.).

2. Brychkin AV. Kreditnyy risk kak ob″ekt upravleniya na predpriyatii [Credit risk as an object of enterprise management]. Finance and Credit. 2002;104(14):10–21. (In Russ.).

3. Brychkin AV. Kreditnyy risk kak ob″ekt upravleniya na predpriyatii [Credit risk as an object of enterprise management]. Finance and Credit. 2002;105(15):66–72. (In Russ.).

4. Valentseva NI. Zakony kredita i zakonomernosti ego razvitiya v sisteme fundamental′nykh osnov otsenki kreditnoy deyatel′nosti banka [Laws of credit and its development in the system of fundamental principles for assessing the credit activity of a bank]. Bankovskoe delo [Banking]. 2019;(6):53–56. (In Russ.).

5. Vorob′ev SN, Baldin KV. Sistemnyy analiz i upravlenie riskami v predprinimatel′stve [System analysis and risk management in entrepreneurship]. Moscow: MODEK; 2009. 760 p. (In Russ.).

6. Galyautdinova AR. Problems of accounts receivable management at a company and their solution. Russian Journal of Entrepreneurship. 2015;16(20):3425–3440. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18334/rp.16.20.1997.

7. Golubov AP, Mar′in AV, Chuev GV. Aspekty upravleniya otraslevoy diversifikatsiey kre-ditnogo portfelya i pokazatelyami kontsentratsii [Aspects of managing industry diversification of the loan portfolio and concentration indicators]. Financial risk management journal. 2010;(3):166–172. (In Russ.).

8. Katlishin OI. Reduction of accounting debitions as a way to improve the financial indicators of liquidity and independence of the enterprise. Financial Economy. 2019;(3):353–355. (In Russ.).

9. Kilyachkov AA, Chaldaeva LA. Risk in terms of digital society and the development trends. Finance and Credit. 2019;25(6) (786):1444–1453. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24891/fc.25.6.1444.

10. Kostyuchenko N. Analiz kreditnykh riskov. Chast′ 2. Problemnaya zadolzhennost′ [Analysis of credit risks. Part 2. Bad debt]. Moscow: Skifiya; 2012. 376 p. (In Russ.).

11. Marks K. Kapital. Kritika politicheskoy ehkonomii. Vol. 3. Protsess kapitalisticheskogo proizvodstva, vzyatyy v tselom [Capital. Criticism of political economy. Vol. 3. The process of capitalist production as a whole]. Moscow: Politizdat; 1989. 1078 p. (In Russ.).

12. Peshchanskaya IV. Kratkosrochnyy kredit: teoriya i praktika [Short-term credit: theory and practice]. Moscow: Ehkzamen; 2003. 320 p. (In Russ.).

13. Ponkratova AA, Drok TE. Upravlenie kreditorskoy zadolzhennost′yu proizvodstvennogo predpriyatiya [Management of payable accounts of a manufacturing enterprise]. Voprosy ehkonomiki i upravleniya [Issues of Economics and Management]. 2016;5(3):79–85. (In Russ.).

14. Regiony Rossii. Osnovnye kharakteristiki sub″ektov Rossiyskoy Federatsii. Statisticheskiy sbornik [Regions of Russia. The main characteristics of the constituent entities of the Russian Federation. Statistics]. Moscow: Rosstat; 2018. 751 p.

15. Smirnov VV, Mulendeeva AV. The analysis of Russia's credit market. Finance and Credit. 2019;25(7)(787):1484–1500. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24891/fc.25.7.1484.

16. Khamskaya SG. Otsenka kreditnogo riska v ramkakh kommercheskogo kreditovaniya: monografiya [Credit risk assessment in commercial lending: monograph]. Kemerovo, 2009. 188 p. (In Russ.).

17. Chirskaya MA. Efficiency of instruments of management of the receivabling arrears at different stages. Financial Economy. 2019;(2):106–108. (In Russ.).

Сведения об авторах

Черниченко Светлана Геннадьевна
канд. эконом. наук, доцент кафедры бухгалтерского учёта, анализа, аудита и налогообложения, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (960) 935-87-40, e-mail: chernichenko66@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0172-3783

Котов Роман Михайлович
канд. эконом. наук, доцент, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (906) 978-72-73
https://orcid.org/0000-0003-0238-3466

Information about the authors

Svetlana G. Chernichenko
Cand.Sci.(Eco.), Associate Professor of the Department of Accounting, Analysis, Audit and Taxation, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (960) 935-87-40, e-mail: chernichenko66@mail.ru
https://orcid.org/0000-0002-0172-3783

Roman M. Kotov
Cand.Sci.(Eco.), Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (906) 978-72-73
https://orcid.org/0000-0003-0238-3466

2019 Т. 49 № 4 / Техника и технология пищевых производств / Food Processing: Techniques and Technology
ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)

https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-680-688
УДК 663.42(571.17)

Обзорная статья
http://fptt.ru/

Современное состояние и перспективы развития рынка зерновых культур в Кемеровской области

В. Г. Шадрин*, О. Н. Котова, Л. А. Поликарпова

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

**e-mail: vladii@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 06.09.2019
Дата принятия в печать: 15.10.2019

© В. Г. Шадрин, О. Н. Котова, Л. А. Поликарпова, 2019

Аннотация.
Введение. Реализация стратегии развития зернового комплекса с использованием элементов маркетинга позволит усилить позиции Кемеровской области на международном рынке зерна и продуктов его переработки. Работа ставит своей целью проанализировать состояние рынка зерновых культур в Кемеровской области и определить перспективы сбыта данной продукции.
Объекты и методы исследования. Статья носит обзорный характер, в основе написания которой лежит проведенный ранее анализ отраслевых и территориальных конкурентных позиций оптово-розничной торговли зерновыми культурами Кемеровской области. Данное исследование основывается на системном подходе к изучению регионального рынка зерновых культур, используя абстрактно-логический, статистико-экономический и графический методы исследования.
Результаты и их обсуждение. За последнее время значительно возрос объем сборов пшеницы и ржи, увеличиваются посевные площади под рапс. Основным потребителем зерновых культур, выращенных в Кемеровской области, прежде всего, является сам Кузбасс. При этом регион начинает развиваться как экспортер зерна. Для развития сельского хозяйства в целом и зерновых культур в частности в Кузбассе имеется хорошая база, но существующие проблемы в технологиях, колебаниях цен, недостаточной государственной поддержке и отсутствии маркетинга сдерживают развитие отрасли. Определены факторы, влияющие на предприятия по производству и реализации зерна в Кемеровской области: уровень экономики региона, спрос на зерновую продукцию, цена. Для развития рынка зерна необходимо опираться на конкурентные позиции региона, в частности инфраструктурные возможности поддержки экспорта в юго-восточном направлении на основе поиска потребителей и инновационных сегментов.
Выводы. Представлены направления развития рынка зерновых культур, исходя из возможностей производителей и изменения структуры сбыта продукции с учетом внешнеторговых рисков при активном внедрении маркетинговых инструментов в организационную и сбытовую деятельность, используя потенциал региональных центров поддержки экспорта.

Ключевые слова. Зерно, рынок, структура рынка, сельское хозяйство, сбыт, маркетинг

Для цитирования: Шадрин, В. Г. Современное состояние и перспективы развития рынка зерновых культур в Кемеровской области / В. Г. Шадрин, О. Н. Котова, Л. А. Поликарпова // Техника и технология пищевых производств. – 2019. – Т. 49, № 4. – С. 680–688. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-680-688.

Review article

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

The Current State and Prospects of the Grain Market in the Kemerovo Region

V.G. Shadrin*, O.N. Kotova, L.A. Polikarpova

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

**e-mail: vladii@mail.ru*

Received: September 06, 2019
Accepted: November 15, 2019

© V.G. Shadrin, O.N. Kotova, L.A. Polikarpova, 2019

Abstract.
Introduction. Kuzbass is a large territorial complex with highly-developed industries. However, the local agriculture is also quite

intensive. The research objective was to summarize the results various studies of the current state of the grain market in the Kemerovo region and identify areas of its development. Implementation of the grain complex development strategy with marketing elements will strengthen the position of the Kemerovo region on the international market of grain and products of its processing.
Study objects and methods. The research was based on a systematic approach to the study of the regional grain market and employed abstract-logical, statistical-economic, and graphical research methods.
Results and discussion. The article focuses on the current state of Kemerovo grain market and identifies development prospects and sale opportunities. In recent years, the volume of wheat and rye yield has significantly increased, as well as the canola acreage. The main consumer of grain crops grown in the Kemerovo region is the region itself. Nevertheless, the region is gradually becoming a grain exporter. The authors identified factors that affect the enterprises specializing in the production and sale of grain. The region has a good base for the development of agriculture in general and grain crops in particular. Unfortunately, the current problems in cultivation technologies, price fluctuations, insufficient state support, and poor marketing hinder the development of the industry. The authors proposed several directions of grain market development proceeding from possibilities of producers and change in the structure of production sales taking into account foreign trade risks.
Conclusion. Marketing and realization of grain production in the Kemerovo region should be based on a well-planned development strategy of improving the competitive positions of the region and the development of a large production and technological complex.

Keywords. Grain, market, market structure, agriculture, sale, marketing

For citation: Shadrin VG, Kotova ON, Polikarpova LA. The Current State and Prospects of the Grain Market in the Kemerovo Region. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(4):680–688. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4-680-688.

Введение

Кемеровская область является промышленным регионом страны. Из-за этого сельское хозяйство здесь находится в достаточно тяжелом состоянии. В настоящее время создаются попытки реформирования его на региональном уровне, но пока они не приводят к значительным результатам. С недавнего времени в регионе действует программа «Ешь, пей свое!». Она сократила долю импортных товаров, но не решила вопросы продовольственного самообеспечения и повышения занятости сельского населения.

В обращении Президента РФ В. В. Путина к Федеральному собранию от 1 декабря 2016 года был сделан акцент на том, что развитие сельского хозяйства лежит на плечах регионов. Каждый субъект РФ должен проявлять самостоятельность в расстановке приоритетов в поддержке сельского хозяйства. Также Президент РФ прокомментировал то, что средства на развитие сельского хозяйства из федерального бюджета выделяются и будут выделяться, но от субъектов РФ требуются четкие программы. Можно сказать, что необходимость развития сельского хозяйства Кемеровской области является не только важным элементом конкурентоспособности региона, но также залогом продовольственного самообеспечения страны [6].

Развитие рынка зерновых культур в Кемеровской области и организация его сбыта обусловили необходимость в изучении теории и практики управления сельскохозяйственным потенциалом Кузбасса.

Целью работы является анализ современного состояния рынка зерновых культур в Кемеровской области и определение перспектив сбыта данной продукции.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования является современное состояние рынка зерновых культур Кемеровской области.

Значительную помощь в работе оказало изучение материалов международных конференций по проблемам развития рынка зерновых культур в России в целом и на региональном уровне в частности. Различные аспекты развития рынка зерновых культур представлены в работах отечественных исследователей, таких как З. Р. Асадов, М. В. Винокурова, Л. В. Коваленко, Б. С. Кошелев, М. И. Червонных и др.

Несмотря на широкую разработанность темы, проблема заключается в том, что практически отсутствуют научные разработки, касающиеся вопросов развития рынка зерновых культур в Кемеровской области.

В работе применялись следующие методы исследования: абстрактно-логический, экономико-статистический, аналитический, метод сравнительного анализа. Также использовались прогнозные, аналитические, статистические и концептуальные материалы, содержащиеся в специальной научной литературе и базах данных.

Научная новизна данного исследования заключается в обобщении результатов исследования современного состояния развития рынка зерновых культур в Кемеровской области, необходимости внедрения маркетинга в сбытовую деятельность сельхозпроизводителей, развитии мер поддержки на функциональном уровне через использование центров по развитию экспорта и на институциональном уровне через повышение конкурентных позиций территории.

Результаты и их обсуждение

Для успешного развития сельского хозяйства в Кемеровской области имеются благоприятные природные условия.

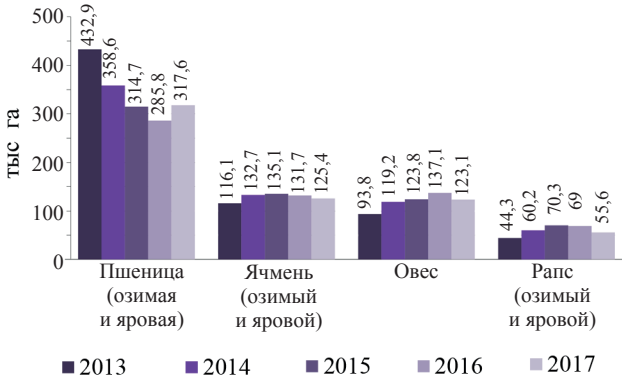


Рисунок 1. Посевные площади основных зерновых культур Кемеровской области[1]

Figure 1. Acreage of the main grain crops in the Kemerovo region[1]

Наиболее освоена лесостепная зона Кузнецкой котловины, где преобладают чернозёмные почвы. Развитию растениеводства способствует достаточно тёплое и влажное лето.

По состоянию на первое января 2018 г. в сельской местности проживает только 14 % населения области, что составляет 386,7 тыс человек. В сельском хозяйстве региона трудятся 40,5 тыс человек, что составляет чуть более 3 %.

Кемеровская область в 2017 году находилась на 34 месте среди регионов РФ по объему произведенной растениеводческой продукции в стоимостном выражении – 26,6 млрд. руб. (1,0 % от общей стоимости произведенной продукции растениеводства в РФ) (рис. 1).

Размеры посевных площадей Кемеровской области в 2017 году составили 971,7 тыс га (1,2 % от общих посевных площадей России, 28 место в рейтинге регионов РФ) (рис. 2).

Самую большую долю в структуре посевных площадей Кемеровской области занимают посевы пшеницы, что составляет 32,7 % от всех посевных площадей региона. Ячменя – 12,9 %, овса – 12,7 %, рапса – 5,7 %, ржи – 1,8 % (рис. 3).

Из приведенных данных следует, что Кемеровская область занимает 6 место по производству зерна в Сибирском федеральном округе после Алтайского и Красноярского краев, а также Омской, Новосибирской и Иркутской областей (рис. 4).

По итогам 2017 года объем производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий находился на уровне 56,8 млрд. рублей. Доля предприятий-производителей зерна

Рисунок 2. Структура посевных площадей Кемеровской области в 2017 году[1]

Figure 2. Structure of the acreage in the Kemerovo region in 2017[1]

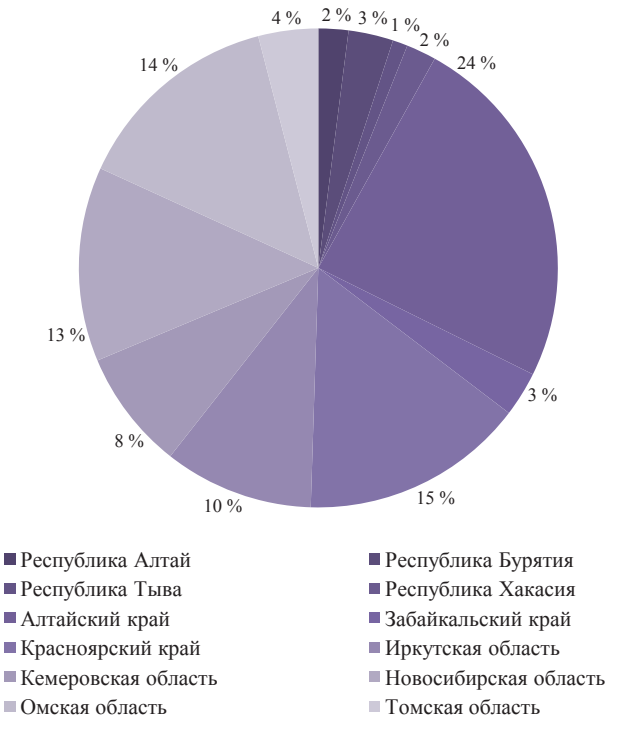


Рисунок 3. Доля регионов в производстве зерна в СФО, %[2]

Figure 3. Share of regions in grain production in the Siberian Federal District, %[2]

[1] Официальный сайт Кемеровостата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kemerovostat.gks.ru/about. – Дата обращения: 15.08.2019.

[2] Россия в цифрах. 2017: Краткий статистический сборник. – М. : Росстат, 2017 – 511 с.

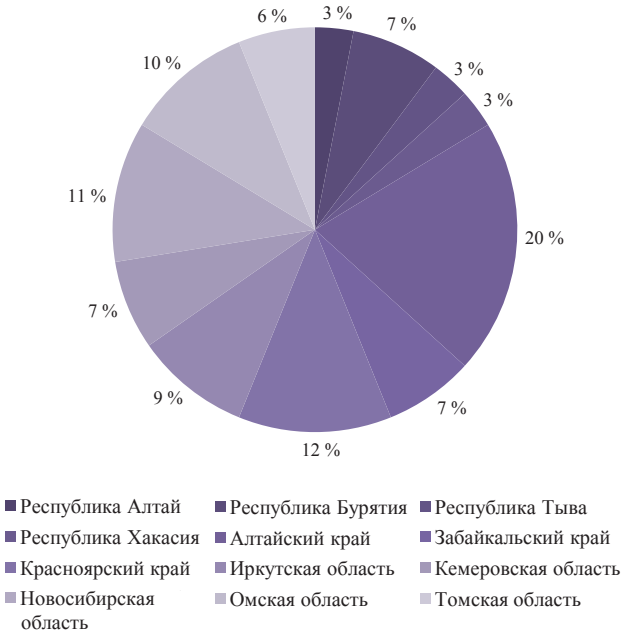


Рисунок 4. Численность сельского населения, % от СФО[2]

Figure 4. Rural population, % of Siberian Federal District[2]

в Кемеровской области по формам хозяйствования распределилась следующим образом: 40 % приходится на кооперативы, 35 % – на крестьянские хозяйства, 15 % – на ИП, оставшиеся проценты приходятся на личные подсобные хозяйства (рис. 5).

Рисунок 5. Доля предприятий-производителей зерна в Кемеровской области по формам хозяйствования[1]

Figure 5. Share of grain producing enterprises in the Kemerovo region, according to business patterns[1]

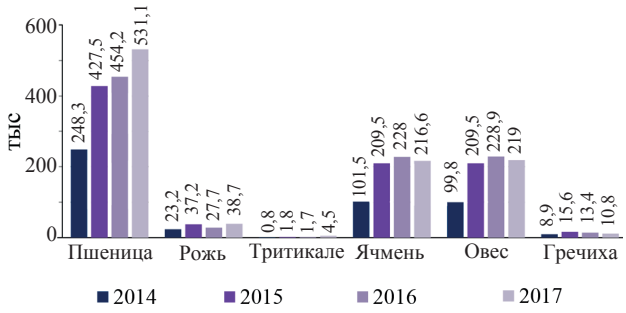


Рисунок 6. Валовые сборы зерновых культур Кемеровской области с 2014 по 2017 годы[1]

Figure 6. Grain croppage in the Kemerovo region in 2014–2017[1]

Валовые сборы зерновых культур Кемеровской области с 2014 по 2017 годы представлены на рисунке 6.

За рассматриваемый период значительно возрос объем сборов пшеницы и ржи. Основным потребителем зерновых культур, выращенных в Кемеровской области является сама область. В тоже время в 2016 году Кемеровская область впервые стала экспортёром зерна: в Монголию из Кузбасса отправились порядка 3 тысяч тонн этого товара.

Для развития сельского хозяйства в целом и зерновых культур в частности в Кузбассе имеется хорошая научная база – Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук», что позволяет развивать и внедрять наукоемкие технологии, в том числе и в растениеводстве. Институтом ведется полный селекционный процесс по зерновым культурам: яровая мягкая пшеница, яровой ячмень, яровой овес, голозерный ячмень, голозерный овес. В 2016 году на государственное сортоиспытание передан сорт ярового голозерного ячменя «Улей». Внесен в государственный реестр селекционных достижений вновь созданный сорт яровой мягкой пшеницы «Надежда Кузбасса», включённый в список ценных. Кроме того, оригинальное семеноводство ведётся по 23 сортам, созданным в филиале. Получено более 760 тонн семенного материала зерновых и зернобобовых культур [14, 15].

В ближайшие несколько лет для стабилизации достигнутых результатов и совершенствования производства зерновых культур необходимо особое внимание уделить выбору мест с наиболее благоприятными условиями возделывания для них, ориентируясь на рыночный спрос на зерно и на реальные возможности удовлетворить его.

[1] Официальный сайт Кемеровостата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kemerovostat.gks.ru/about. – Дата обращения: 15.08.2019.

[2] Россия в цифрах. 2017: Краткий статистический сборник. – М. : Росстат, 2017 – 511 с.

Удовлетворить рыночный спрос возможно только на основе таких маркетинговых инструментов, как обеспечение сбыта, что требует особых навыков и подходов. Эффективность сбытовой деятельности определяется количеством чистой прибыли предприятия по результатам осуществления этой коммерческой операции. Реализации продукции по ценам, которые выше себестоимости, могут содействовать:

– поиск платежеспособных покупателей;
– определение сегмента рынка с неудовлетворенным спросом;
– организация первичной переработки продукции;
– организация хранения продукции на период максимального предложения на рынке.

Два из четырех вышеперечисленных факторов имеют прямое отношение к маркетингу, а также установлению эффективных маркетинговых коммуникаций с потребителями и посредниками на рынке зерна.

Особо выделим имидж и репутацию территории для продвижения своей продукции на внутренних и внешних рынках. Несмотря на имеющиеся экономические сложности, Кемеровская область сохраняет позиции инвестиционно-привлекательного региона. Необходимо продолжать работу по формированию положительного имиджа региона, в т. ч. относительно производства и продажи зерновых культур. Именно поэтому необходим маркетинг в деятельности предприятий на зерновом рынке кузбасских производителей как для поиска покупателей для традиционного потребления, так и для рыночного сегментирования. Например, ряд зерновых культур (рапс, соя и др.) используются для производства жидкого биотоплива (Казахстан, Китай и др.).

Анализ отраслевых конкурентных позиций, исходя из метода М. Портера, показал, что можно выделить три основных фактора внешней среды, наиболее сильно влияющие на предприятия, специализирующиеся на производстве и реализации зерна в Кемеровской области: уровень экономики страны, спрос на зерновую продукцию, цена. Отметим, что спрос на зерновую продукцию растет: сегодня в мире немало платежеспособных стран и регионов, население которых растет бурными темпами. Спрос на продовольствие тоже все время повышается. В этих странах сегодня кардинальным образом меняются и пищевые пристрастия населения. Наряду с рисом и продуктами из пшеницы, растет спрос на курицу, которая питается комбикормами и пищевыми добавками из зерна. Существуют нюансы, которые требуют отдельных региональных исследований по видам зерновых культур и их трендовости. Например, в 2019 году Россия вступает с минимальными запасами ржи: причина в падении урожая с 2,55 млн. т в 2017 году до 1,92 млн. т в 2018. Экспорт этой культуры, напротив, вырос в четыре раза, достигнув показателя 280 тыс т. Среди ключевых потребителей – прибалтийские страны, в кулинарных традициях которых ржаная мука занимает ключевое место. Таким образом, можно отметить уникальность в ценообразовании отдельных зерновых культур. При снижении посевных площадей и урожая происходит маржинальная надбавка за счет экспорта, а также прогнозируется корреляция тренда на здоровое питание с постепенным возрастанием потребления продуктов из ржи, в том числе в РФ, но с временным лагом в 5–7 лет от рынков зарубежных стран.

Для развития оптово-розничной торговли зерновыми культурами в Кемеровской области необходимо опереться на сильные ключевые позиции территории. Конкурентные позиции территории – это составляющие элементы ее конкурентоспособности, на состояние которых влияют различные факторы, дающие как преимущества, так и ограничивающие возможности территории в конкурентной борьбе [9].

Оценивание конкурентных позиций представляется новым процессом в системе управления, направленным на формирование объективного представления об объекте оценки. Объективные представления о конкурентных позициях могут быть сделаны на основе количественных характеристик. Но из-за сложности оцениваемых параметров в некоторых случаях невозможно обойтись без качественных характеристик.

Выбор и обоснование сильных ключевых конкурентных позиций оптово-розничной торговли зерновыми культурами Кемеровской области предполагается при помощи такого маркетингового метода, как SWOT-анализ. SWOT-анализ – это определение сильных и слабых сторон оптово-розничной торговли зерновыми культурами Кемеровской области, а также возможностей и угроз, исходящих из его ближайшего окружения (внешней среды):

– сильные стороны (strengths) – преимущества оптово-розничной торговли зерновыми культурами Кемеровской области;
– слабости (weaknesses) – недостатки оптово-розничной торговли зерновыми культурами Кемеровской области;
– возможности (opportunities) – факторы внешней среды, использование которых создаст преимущества Кемеровской области в оптово-розничной торговле зерновыми культурами;
– угрозы (threats) – факторы, которые могут потенциально ухудшить положение Кемеровской области в оптово-розничной торговли зерновыми культурами.

Матрица SWOT-анализа (табл. 1) составлена по результатам полномасштабных исследований оптово-розничной торговли зерновыми культурами Кемеровской области, проведенных авторами в период 2014–2017 гг. В рамках исследований первым шагом были выделены отраслевые конкурентные

Таблица 1. SWOT-анализ оптово-розничной торговли зерном Кемеровской области*

Table 1. SWOT analysis of wholesale and retail grain trade in the Kemerovo region*

Сильные стороны	Слабые стороны
1. Широкий ассортимент зерновых культур.	1. Низкий уровень производства высоко конкурентоспособной продукции из зерна
2. Рост урожайности зерновых культур.	2. Высокая затратность применяемых в настоящее время систем земледелия, базирующихся на вспашке или глубоком безотвальном рыхлении.
3. Высокое качество зерновых культур.	3. Слабо развитая переработка сельскохозяйственной продукции.
Возможности	Угрозы
1. Рост объемов продаж зерновой продукции различным сегментам	1. Появление конкурентов.
2. Приверженности потребителя к качеству зерновой продукции.	2. Доминирование крупных федеральных компаний на рынке.
3. Переориентация потребителей на более качественных поставщиков	3. Погодные условия.

* составлена авторами;
* as compiled by the authors.

позиции оптово-розничной торговли зерновыми культурами, составлена матрица показателей/системы оценок, затем проведён анализ с определением рейтинга оптово-розничной торговли Кемеровской области в Сибирском федеральном округе. Вторым шагом перед авторами стояло выделение территориальных конкурентных позиций оптово-розничной торговли зерновыми культурами Кемеровской области, составления матрицы показателей/системы оценок и анализа территориальных конкурентных позиций на основе построенной матрицы. В итоге была получена таблица 1, которая может быть использована для выявления направлений развития сбыта зерновых культур.

Главный минус – это низкий уровень производства высоко конкурентоспособной продукции из зерна, зерновых «полуфабрикатов» и готовых продуктов (крахмалы, аминокислоты, патоки и различные пищевые ингредиенты). Как указано в SWOT-анализе, на данный момент времени оптово-розничная торговля зерновыми культурами Кемеровской области имеет свои плюсы. Перспективной видится ориентация на экспорт зерновых культур, учитывая сложившиеся связи Кемеровской области с юго-восточными странами дальнего зарубежья и СНГ.

Увеличение объемов экспорта зерна в ретроспективном периоде стало основным драйвером наращивания производства основных зерновых культур. Прогнозируемый рост экспорта требует дополнительного использования мер государственной поддержки: продвижения кузбасского зерна на новые рынки, а также удержания доли на существующих. Отметим, что с 2019 года в Кузбассе реализуется региональный проект «Системные меры содействия международной кооперации и экспорту в Кемеровской области» в рамках национального проекта «Международная кооперация и экспорт». В рамках регионального проекта будут созданы институты поддержки экспорта. Так, сформирован совещательно-координационный орган (совет) по развитию экспорта при губернаторе Кузбасса. В состав совета вошли представители экспортно-ориентированных компаний региона, Кузбасской торгово-промышленной палаты, деловых объединений и органов власти, курирующих иные региональные проекты, связанные с развитием экспорта (департаменты промышленности, АПК, здравоохранения, образования). Помимо преодоления политических и ветеринарных барьеров, бизнесу нужно помочь с процедурами стандартизации, а также необходимо снизить издержки производителей на логистику и оформление документов.

При оценках объема экспорта, помимо наращивания доли кузбасских зерновых культур на текущих крупнейших рынках, планируется активное продвижение в страны, где российская продукция представлена в малых объемах либо не представлена вовсе: Индонезия, Филиппины, Южная Корея, Китай. Также перспективными рынками в среднесрочной и долгосрочной перспективе являются рынки Африки и стран Южной Азии, в том числе Индии и Пакистана.

Перечисленные страны отличаются ростом внутреннего потребления и значительной ролью импорта. На 2014 г. доля Российской Федерации на данных рынках составляла:
– 2,0 % по пшенице;
– 2,6 % по ячменю;
– 0,0 % по кукурузе.

Предполагается, что рост объемов импорта данных стран будет соответствовать прогнозируемому росту объемов мировой торговли:
– 1,59 % по пшенице;
– 1,21 % по ячменю;
– 1,91 % по кукурузе.

Как показал анализ посевных площадей, сборов зерновых культур в Кемеровской области и развития научно-технической базы, наиболее перспективными видятся направления по развитию производительности таких культур, как пшеница, ячмень и рапс, исходя из их экспортного потенциала, развитости в сельском хозяйстве Кузбасса и областей применения у покупателей как пищевого, так и технологического сырья.

При этом существуют внешнеторговые риски, которые могут быть связаны с ужесточением требований со стороны основных стран-импортеров к безопасности и качеству зерна, что может поставить российских поставщиков в более жесткие условия конкуренции. Как инструмент снижения рисков и в целях компенсации негативного влияния макроэкономических рисков планируется снижение инфраструктурных издержек, повышение гибкости системы таможенно-тарифного регулирования. Важнейшим является повышение конкурентоспособности кузбасских производителей зерновых культур, использование маркетинговых инструментов как для повышения собственной и территориальной инвестиционной привлекательности, так и для выстраивания маркетинговой системы для организации эффективной сбытовой деятельности.

Выводы

Сбыт и реализация зерновой продукции кузбасских производителей должны основываться на взаимосвязи стратегии развития отрасли, поддержки региональных властей, развития производственно-технологического комплекса и переработки, а также использовании маркетинговой деятельности, которая полностью удовлетворяет ее внутренние потребности и создает значительный экспортный потенциал.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– увеличить валовый сбор зерновых культур, в частности пшеницы, ячменя и рапса, путем использования новых технологий возделывания, повышения урожайности и формирования оптимальной структуры площадей для посевов;

– снижать амплитуды колебания цен на рынке зерновых и зернобобовых культур России через совершенствование государственных мер поддержки.

– оптимизировать логистику перевозки кузбасского зерна;

– увеличить экспорт зерна и продуктов его переработки, активно внедряя маркетинговые инструменты в организационную и сбытовую деятельность, используя потенциал региональных центров поддержки экспорта и учитывая внешнеторговые риски.

Таким образом, в современных условиях реализация зерновой продукции на экспорт с учетом внутренних потребностей позволит добиться эффективного расширенного воспроизводства сельскохозяйственной продукции, ориентированной на рыночного потребителя.

Критерии авторства

В. Г. Шадрин руководил проектом и участвовал в написании аннотации, результатов исследования и выводов. О. Н. Котова участвовала в написании введения, объектов и методов исследования, результатов исследования и выводов. Л. А. Поликарпова участвовала в написании введения, результатов исследования, аннотации и выводов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contributon

V.G. Shadrin supervised the project and wrote the abstract, research results, and conclusion. O.N. Kotova contributed to the following sections: introduction, research objects and methods, results, and conclusions. L.A. Polikarpova contributed to the following sections: research results, abstract, and conclusion.

Conflict of interest

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

Список литературы

1. Абазова, Л. Х. Формирование стратегии конкурентоспособности в сегменте перерабатывающих отраслей / Л. Х. Абазова // Актуальные вопросы экономических наук. – 2016. – № 55–2. – С. 89–93.

2. Абакарова, Р. Ш. Экономическая доступность продовольствия / Р. Ш. Абакарова // Наука и бизнес: пути развития. – 2015. – Т. 44, № 2. – С. 72–74.

3. Ахметшина, Л. Г. Перспективы адаптации в России зарубежного опыта обеспечения продовольственной безопасности в условиях санкций / Л. Г. Ахметшина, М. Г. Порвадов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2017. – № 1. – С. 234–246.

4. Асадов, З. Р. Агромаркетинг и его роль в развитии сельского хозяйства / З. Р. Асадов // Вопросы структуризации экономики. – 2012. – № 2. – С. 90–91.

5. Багунц, М. Г. Конкурентоспособность региона: сущность и понятие / М. Г. Багунц // Молодой ученый. – 2015. – Т. 90, № 10. – С. 502–505.

6. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации на 2016–2025 годы и на перспективу до 2030 года. – М., 2016. – 73 с.

7. Едренкина, Н. М. Теоретические подходы формирования устойчивого развития сельских территорий / Н. М. Едренкина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 129, № 7. – С. 169–176.

8. Коваленко, Л. В. Надежные конкурентные позиции как основа инновационного развития экономики региона / Л. В. Коваленко // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири : материалы XV международной научно-практической конференции / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2014. – С. 105–107.

9. Кошелев, Б. С. Перспективы развития конкурентных преимуществ зернового производства / Б. С. Кошелев, М. И. Червонных // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 2, № 2. – С. 63–66.

10. Липницкий, Т. В. Импортозамещение как фактор обеспечения экономического развития агропроизводства / Т. В. Липницкий // АПК: экономика, управление. – 2014. – № 3. – С. 63–67.

11. Очковская, М. С. Маркетинг: новые тенденции и перспективы / М. С. Очковская, М. А. Рыбалко. – М. : Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2016. – 176 с.

12. Плисецкий, Е. Л. Региональная экономика / Е. Л. Плисецкий, В. Г. Глушкова. – М. : Юрайт, 2015. – 583 с.

13. Черешнев, В. А. Прогнозирование социально-экономического развития региона / В. А. Черешнев, А. И. Татаркин, С. Ю. Глазьев. – Екатеринбург : Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук, 2011. – 1104 с.

14. Современные подходы и тенденции в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур – решения от компании «Сингента» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosselhoscenter.com/regions/sibirian/kemerovskaya-oblast. – Дата обращения: 15.08.2019.

15. Сорта сельскохозяйственных культур для использования в производстве Кемеровской области и внесенные в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации на 2016 год / М. Г. Гришкова, Н. А. Проненко, М. Ю. Сергеева [и др.]. – Кемерово, 2016. – С. 3.

16. Фатеева, В. На рынке зерна «вызревают» цены / В. Фатеева [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ksonline.ru/204920/na-rynke-zerna-vyzrevayut-tseny. – Дата обращения: 15.08.2019.

17. Фридман, Ю. А. Инновационность экономики как резерв роста конкурентных преимуществ Кузбасского региона / Ю. А. Фридман, Г. Н. Речко, А. Г. Пимонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – Т. 82, № 6. – С. 169–176.

18. Червонных, М. И. Залоговые операции, зерновые интервенции в производстве зерна и финансовый механизм их предоставления предприятиям Западной Сибири / М. И. Червонных // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 12, № 4. – С. 85–91.

19. Sheldon, I. M. The competitiveness of agricultural product and input markets: A review and synthesis of recent research / I. M. Sheldon // Journal of Agricultural and Applied Economics. – 2017. – Vol. 49, № 1. – P. 1–44. DOI: https://doi.org/10.1017/aae.2016.29.

References

1. Abazova LKh. Formirovanie strategii konkurentosposobnosti v segmente pererabatyvayushchikh otrasley [Formation of the competitiveness strategy in the segment of processing industries]. Aktual′nye voprosy ehkonomicheskikh nauk [Issues of Economic Sciences]. 2016;(55–2):89–93. (In Russ.).

2. Abakarova RSh. Economic affordability of food. Science and Business: Ways of Development. 2015;44(2):72–74. (In Russ.).

3. Akhmetshina LG, Porvadov MG. Adaptation prospects of foreign food security practices in Russia in the face of sanctions. PNRPU Sociology and Economics Bulletin. 2017;(1):234–246. (In Russ.).

4. Assadov ZR. Agromarketing and its role in the development agriculture. Voprosy strukturizatsii ehkonomiki [Issues of Economy Structuring]. 2012;(2):90–91. (In Russ.).

5. Bagunts MG. Konkurentosposobnost′ regiona: sushchnost′ i ponyatie [Regional competitiveness: essence and concept]. Young Scientist. 2015;90(10):502–505. (In Russ.).

6. Dolgosrochnaya strategiya razvitiya zernovogo kompleksa Rossiyskoy Federatsii na 2016–2025 gody i na perspektivu do 2030 goda [Long-term strategy for the development of the grain complex of the Russian Federation for 2016–2025 and until 2030]. Moscow, 2016. 73 p.

7. Yedrenkina NM. Theoretical approaches to the formation of sustainable development of rural areas. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2015;129(7):169–176. (In Russ.).

8. Kovalenko LV. Nadezhnye konkurentnye pozitsii kak osnova innovatsionnogo razvitiya ehkonomiki regiona [Reliable competitive positions as the basis for innovative development of the regional economy]. Prirodnye i intellektual′nye resursy Sibiri: materialy XV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Natural and Intellectual Resources of Siberia: Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference]; 2014; Kemerovo. Kemerovo: T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University; 2014. p. 105–107. (In Russ.).

9. Koshelev BS, Chervonnyh MI. Prospects of development of competitive advantages of grain manufacture. Bulletin of Omsk State Agricultural University. 2011;2(2):63–66. (In Russ.).

10. Lipnitsky TV. Import replacement as a factor for ensuring the economic development of agriproduction. APK: ehkonomika, upravlenie [Agro-Industrial complex: Economy and Management]. 2014;(3):63–67. (In Russ.).

11. Ochkovskaya MS, Rybalko MA. Marketing: novye tendentsii i perspektivy [Marketing: new trends and prospects]. Moscow: Faculty of Economics Lomonosov Moscow State University; 2016. 176 p. (In Russ.).

12. Plisetskiy EL, Glushkova VG. Regional′naya ehkonomika [Regional economics]. Moscow: Yurayt; 2015. 583 p. (In Russ.).

13. Chereshnev VA, Tatarkin AI, Glaz′ev SYu. Prognozirovanie sotsial′no-ehkonomicheskogo razvitiya regiona [Forecasting the socio-economic development of the region]. Yekaterinburg: Institute of economics the Ural branch of Russian Academy of Sciences; 2011. 1104 p. (In Russ.).

14. Sovremennye podkhody i tendentsii v tekhnologiyakh vozdelyvaniya sel′skokhozyaystvennykh kul′tur – resheniya ot kompanii ‘Singenta’ [Modern approaches and trends in crop cultivation technologies – solutions from Syngenta company] [Internet]. [cited 2019 Aug 15]. Available from: https://rosselhoscenter.com/regions/sibirian/kemerovskaya-oblast.

15. Grishkova MG, Pronenko N., Sergeeva MYu, Kozyreva EM, Parshukov AN, Saprygina GN, et al. Sorta sel′skokhozyaystvennykh kul′tur dlya ispol′zovaniya v proizvodstve Kemerovskoy oblasti i vnesennye v Gosreestr selektsionnykh dostizheniy Rossiyskoy Federatsii na 2016 god [Varieties of agricultural crops to be used in the production sphere of the Kemerovo region and included in the State Register of Selection Achievements of the Russian Federation for 2016]. Kemerovo, 2016. 3 p. (In Russ.).

16. Fateeva V. Na rynke zerna ‘vyzrevayut’ tseny [Prices are ripening on the grain market] [Internet]. [cited 2019 Aug 15]. Available from: https://www.ksonline.ru/204920/na-rynke-zerna-vyzrevayut-tseny.

17. Fridman YuA, Rechko GN, Pimonov AG. Innovatsionnost′ ehkonomiki kak rezerv rosta konkurentnykh preimushchestv Kuzbasskogo regiona [Innovative economy as a reserve for the growth of competitive advantages of the Kuzbass region]. Vestnik of Kuzbass State Technical University. 2010;82(6):169–176. (In Russ.).

18. Chervonnykh MI. Mortgage operations, grain interventions in production of grain and the financial mechanism of their granting to the enterprises of Western Siberia. Bulletin of Omsk State Agricultural University. 2013;12(4):85–91. (In Russ.).

19. Sheldon IM. The competitiveness of agricultural product and input markets: A review and synthesis of recent research. Journal of Agricultural and Applied Economics. 2017;49(1):1–44. DOI: https://doi.org/10.1017/aae.2016.29.

Сведения об авторах

Шадрин Владислав Георгиевич
канд. экон. наук, доцент, заведующий кафедрой маркетинга и бизнес-коммуникаций, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 73-41-67, e-mail: vladii@mail.ru

Котова Ольга Николаевна
канд. экон. наук, доцент кафедры маркетинга и бизнес-коммуникаций, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 73-41-67, e-mail: onkotova@yandex.ru

Поликарпова Лада Александровна
канд. экон. наук, доцент кафедры маркетинга и бизнес-коммуникаций, ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Красная, 6, тел.: +7 (3842) 73-41-67, e-mail: lada_polikarpova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8232-409X

Information about the authors

Vladislav G. Shadrin
Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor, Head of the Department of Marketing and Business Communications, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 73-41-67, e-mail: vladii@mail.ru

Olga N. Kotova
Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor of the Department of Marketing and Business Communications, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 73-41-67, e-mail: onkotova@yandex.ru

Lada A. Polikarpova
Cand.Sci.(Econ.), Associate Professor of the Department of Marketing and Business Communications, Kemerovo State University, 6, Krasnaya Str., Kemerovo, 650000, Russia, phone: +7 (3842) 73-41-67, e-mail: lada_polikarpova@mail.ru
https://orcid.org/0000-0001-8232-409X

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, требованиям 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.

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, 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 – редколлегией в целом.

Редакция журнала направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации при поступлении в редакцию издания соответствующего запроса.

Редакция журнала не хранит рукописи, не принятые к печати. Рукописи, принятые к публикации, не возвращаются. Рукописи, получившие отрицательный результат от рецензента, не публикуются и также не возвращаются обратно автору.

Рукописи печатаются, как правило, в порядке очередности их поступления в редакцию. В исключительных случаях, редакционная коллегия имеет право изменить очередность публикации статей.

Все материалы журнала «Техника и технология пищевых производств (Food Processing: Techniques and Technology)» распространяются на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЬИ

Объем статьи должен быть 5–7 страниц (не включая аннотации и списки литературы на русском и английском языках). Объем обзорной рукописи не ограничен.

Оформление текста (форматирование): поля по 20 мм, одинарный интервал без переносов, лишних пробелов и абзацных интервалов, шрифт Times New Roman, 10 кегль. Следует избегать перегрузки статей большим количеством формул, дублирования одних и тех же результатов в таблицах и графиках.

Графики, диаграммы и т. п. (желательно цветные), созданные средствами MicrosoftOffice и Corel Draw, должны допускать возможность редактирования и направляются в редакцию отдельными файлами в форматах tiff, jpeg, cdr, excel.

Каждая таблица, график, диаграмма и т. п. должны иметь заголовки и порядковые номера, в тексте статьи должны присутствовать ссылки на каждую из них.

Структура статьи:

1. Индекс УДК, тип статьи
2. Название статьи
3. Инициалы и фамилии всех авторов
4. Официальное полное название учреждения
5. E-mail автора, с которым следует вести переписку
6. Аннотация (разбивается на разделы: «Введение», «Объекты и методы исследований», «Результаты и их обсуждение», «Выводы»)
7. Ключевые слова
8. Финансирование
9. Текст статьи (обязательные разделы: «Введение», «Объекты и методы исследований», «Результаты и их обсуждение», «Выводы»)
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.

ISSN 2074-9414 (Print)
ISSN 2313-1748 (Online)
https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-4
http://fptt.ru/

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Дриль А. А. Перспективы разработки технологии и рецептур грибных соусов на основе вешенки обыкновенной 505

Зенькова М. Л. Исследование минерального и аминокислотного состава пророщенного и консервированного зерна пшеницы 513

Костина Н. Г., Подлегаева Т. В., Сергеева И. Ю. Экстракция растительных пигментов из местного сырья 522

Невская Е. В., Тюрина И. А., Тюрина О. Е., Шулбаева М. Т., Потапова М. Н., Головачева Я. С. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания 531

Никитин А. Л., Макаркина М. А. Влияние метеоусловий на лежкость плодов иммунных к парше колонновидных сортов яблони 545

Садовой В. В., Вобликова Т. В., Пермяков А. В. Жирнокислотный состава козьего и овечьего молока и его трансформация в процессе производства йогурта 555

ПРОЦЕССЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Белецкая М. Е., Владимиров А. А., Козлова О. В., Милентьева И. С. Вальцовая сушилка для молока в малотоннажных условиях 563

Березин М. А., Борисов В. И. Влияние фрикционных свойств семян подсолнечника на эффективность работы технологического оборудования для прессования 571

Бородулин Д. М., Зорина Т. В., Невская Е. В., Сухоруков Д. В., Черкашина Д. К. Разработка смесительного агрегата для получения хлебопекарных смесей с повышенным содержанием белка 579

Лобасенко Б. А., Котляров Р. В., Сазонова Е. К., Вагайцева Е. А., Скоморохов А. В. Совершенствование технологии переработки молочного сырья с использованием мембранных аппаратов нового типа 587

Макаров А. В., Максименко Ю. А., Дяченко Э. П. Исследование конвективно-радиационной сушки вспененного желатинового бульона из отходов переработки рыбы 594

Марьин В. А., Верещагин А. Л., Иванов А. А. Применение деки из полиуретана для центробежного шелушения овса 604

Нгуен Тхи Сен, Алексанян И. Ю., Нугманов А. Х.-Х., Титова Л. М. Гигроскопические исследования джекфрута как объекта сушки 612

ГИГИЕНА ПИТАНИЯ

Петрова С. Н., Ещенко А. Р., Минеева Е. М. О жировой составляющей питания дошкольников 621

Урубков С. А., Хованская С. С., Смирнов С. О. Сравнительный анализ гликемического индекса амаранта и других продуктов без глютена 629

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Киселева М. В., Табакаева О. В., Каленик Т. К., Киселев А. Ю., Татаренко Г. С. Процесс получения ферментативных гидролизатов из отходов переработки креветки северной 635

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ, КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТЬ

Ворошилин Р. А., Рассолов С. Н., Ульрих Е. В., Курбанова М. Г. Оценка воздействия экстрактов ромашки аптечной на комплекс хозяйственно-полезных качеств мяса кроликов 643

Позднякова О. Г., Казакова М. А., Австриевских А. Н., Позняковский В. М. Исследование влияния комплекса антиоксидантных витаминов для профилактики заболеваний 652

Сафронова Т. М., Панчишина Е. М., Кращенко В. В., Карпенко Ю. В. Оценка рыбного сырья как способ повышения информативности его характеристик 660

ЭКОНОМИКА

Черниченко С. Г., Котов Р. М. Оценка основных компонентов кредитного риска в секторе коммерческого кредитования организаций Кемеровской области 671

Шадрин В. Г., Котова О. Н., Поликарпова Л. А. Современное состояние и перспективы развития рынка зерновых культур в Кемеровской области 680

CONTENTS

FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

Dril A.A. Prospects of Technology and Formulation Development for Sauces Based on Oyster Mushrooms 505

Zenkova M.L. Mineral and Amino Acid Composition of Germinated and Canned Wheat Grains 513

Kostina N.G., Podlegaeva T.V., Sergeeva I.Yu. Extraction of Plant Pigments from Local Raw Materials 522

Nevskaya E.V., Tyurina I.A., Tyurina O.E., Shulbaeva M.T., Potapova M.N., Golovacheva Ya.S. Healthy Bakery Composite Mixes 531

Nikitin A.L., Makarkina M.A. Effect of Meteorological Conditions on Storability of the Scab-Immune Columnar Apple Varieties 545

Sadovoy V.V., Voblikova T.V., Permyakov A.V. Fatty Acid Composition of Goat and Sheep Milk: Transformation during Yogurt Production 555

FOOD PRODUCTION PROCESSING AND EQUIPMENT

Beletskaya M.E., Vladimirov A.A., Kozlova O.V., Milentyeva I.S. Roller Dryer for Drying Milk in Low-Tonnage Conditions 563

Berezin M.A., Borisov V.I. Effect of the Frictional Properties of Sunflower Seeds on the Efficiency of Pressing Equipment 571

Borodulin D.M., Zorina T.V., Nevskaya E.V., Sukhorukov D.V., Cherkashina D.K. Mixing Unit for Production of Flour Baking Mixes with High Protein Content 579

Lobasenko B.A., Kotlyarov R.V., Sazonova E.K., Vagaytseva E.A., Skomorokov A.V. Improvement of Low-Waste Technology of Dairy Raw Material Processing Using New Type Membrane Equipment 587

Makarov A.V., Maksimenko Yu.A., Dyachenko E.P. Convective-Radiation Drying of Foamed Gelatin Fish Broth 594

Marin V.A., Vereshchagin A.L., Ivanov A.A. Polyurethane Decks in Centrifugal Oat Dehulling 604

Nguyen Thi Sen, Aleksanyan I.Yu., Nugmanov A.H.-H., Titova L.M. Jackfruit as an Object of Drying: A Hygroscopic Study 612

FOOD HYGIENE

Petrova S.N., Yeshchenko A.R., Mineeva E.M. Fat Content in Preschoolers' Diet 621

Urubkov S.A., Khovanskaya S.S., Smirnov S.O. Comparative Analysis of the Glycemic Index of Amaranth and Other Gluten-Free Products 629

BIOTECHNOLOGY

Kiseleva M.V., Tabakaeva O.V., Kalenik T.K., Kiselev A.Yu., Tatarenko G.S. Production of Enzymatic Hydrolyzates from North Shrimp Wastes 635

FOOD STANDARDIZATION, CERTIFICATION, QUALITY AND SAFETY

Voroshilin R.A., Rassolov S.N., Ulrikh E.V., Kurbanova M.G. Effect of Wild Chamomile Extracts on the Complex of Economic Benefits of Rabbit Meat 643

Pozdnyakova O.G., Kazakova M.A., Austrievskih A.N., Poznyakovsky V.M. Effect of Antioxidant Vitamin Complex on Disease Prevention 652

Safronova T.M., Panchishina E.M., Krashchenko V.V., Karpenko Ju.V. Evaluation of Fish Raw Materials as a Way to Increase the Information Content of its Characteristics 660

ECONOMICS

Chernichenko S.G., Kotov R.M. Assessing Credit Risk in the Sphere of Commercial Lending to Organizations of the Kemerovo Region 671

Shadrin V.G., Kotova O.N., Polikarpova L.A. The Current State and Prospects of the Grain Market in the Kemerovo Region 680