

*ISSN 2072-0920 (Print)*  
*ISSN 2713-0029 (Online)*

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МАЙКОПСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Учредитель:** Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Майкопский государственный технологический университет»

**Том 20 № 2**

**2024**

# **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / NEW TECHNOLOGIES**

*Журнал издается с 2005 года*

Майкоп 2024

<i>Наименование:</i>	<b>Новые технологии / New Technologies Том 20 № 2 2024</b>
<i>Периодичность:</i>	4 выпуска в год, журнал издается с 2005 года
<i>Префикс DOI:</i>	10.47370
<i>ISSN:</i>	ISSN 2072-0920 (Print) ISSN 2713-0029 (Online)
<i>Свидетельство о регистрации средства массовой информации:</i>	Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ № ФС77-79835 от 31 декабря 2020 г.
<i>Условия распространения материалов:</i>	Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
<i>Подписка на журнал «Новые технологии / New Technologies»:</i>	Подписку на журнал «Новые технологии / New Technologies» можно оформить на сайте Объединённого каталога «Пресса России» <a href="http://www.pressa-rf.ru">www.pressa-rf.ru</a> по индексу 65035, в электронном каталоге Почты России по индексу ПК400, а также по индексу 65035 в электронном каталоге УРАЛ-ПРЕСС <a href="https://www.ural-press.ru/">https://www.ural-press.ru/</a> На территории России стоимость подписки на полугодие – 2400 руб.
<i>Учредитель / издатель:</i>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191
<i>Редакция:</i>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, тел.: 8(8772)52 30 03 e-mail: <a href="mailto:nov_teh@mkgtu.ru">nov_teh@mkgtu.ru</a> <a href="https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/index">https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/index</a>
<i>Типография:</i>	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, тел.: 8(8772)52 30 03 e-mail: <a href="mailto:nov_teh@mkgtu.ru">nov_teh@mkgtu.ru</a>
<i>Дата публикации:</i>	30.06.2024
<i>Копирайт:</i>	© Новые технологии / New Technologies, 2024
<i>Индексирование:</i>	<b>Российский индекс научного цитирования</b> – библиографический и реферативный указатель, реализованный в виде базы данных, аккумулирующий информацию о публикациях российских ученых в российских и зарубежных научных изданиях. <b>Google Scholar</b> – свободно доступная поисковая система, которая индексирует полный текст научных публикаций всех форматов и дисциплин. Индекс Академии Google включает в себя большинство рецензируемых онлайн-журналов Европы и Америки крупнейших научных издательств.
<i>Тираж:</i>	500 экз. Цена свободная

*ISSN 2072-0920 (Print)*  
*ISSN 2713-0029 (Online)*

FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION  
OF HIGHER EDUCATION «MAIKOP STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY»

**Founder:** Federal State Budget Educational Institution  
of Higher Education «Maikop State Technological University»

**Vol. 20 N° 2**

**2024**

# **NOVYE TEHNOLOGII / NEW TECHNOLOGIES**

*The journal has been published since 2005*

Maikop 2024

<i>Title:</i>	<b>Novye tehnologii / New Technologies Volume 20 No 2 2024</b>
<i>Frequency:</i>	4 issues a year, the journal has been published since 2005
<i>DOI prefix:</i>	10.47370
<i>ISSN:</i>	2072-0920 (Print) 2713-0029 (Online)
<i>The certificate of registration of mass media:</i>	Registered with the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Media (Roskomnadzor). Certificate PI No. FS77-79835 dated December 31, 2020
<i>Terms of distribution of materials:</i>	The content is available under a Creative Commons Attribution 4.0 License
<i>Subscription to «Новые технологии / New Technologies» journal:</i>	Subscription to the «New Technologies» journal E65035 on the website of the «Press of Russia» United Catalog <a href="http://www.pressa-ru.ru">www.pressa-ru.ru</a> and, in the electronic catalog of the Russian Post under the PK400 index and in the electronic catalog of the Ural Press under the 65035 index. On the territory of Russia the cost of a six-month subscription is 2400 rubles.
<i>Founder:</i>	Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Maikop State Technological University» 385000, Maikop, 191, Pervomayskaya str.
<i>Editorial office:</i>	Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Maikop State Technological University» 385000, Maikop, 191, Pervomayskaya str. tel.: 8(8772)52 30 03 e-mail: <a href="mailto:nov_teh@mkgtu.ru">nov_teh@mkgtu.ru</a> <a href="https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/index">https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/index</a>
<i>Printing house:</i>	Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Maikop State Technological University» 385000, Maikop, 191, Pervomayskaya str. tel.: 8(8772)52 30 03 e-mail: <a href="mailto:nov_teh@mkgtu.ru">nov_teh@mkgtu.ru</a>
<i>Publication date:</i>	30.06.2024
<i>Copyright:</i>	© Новые технологии / New Technologies, 2024
<i>Indexation:</i>	<b>The Russian Science Citation Index</b> is a bibliographic and abstract index implemented in the form of a database that accumulates information on publications by Russian scientists in Russian and foreign scientific journals. <b>Google Scholar</b> is a freely available search engine that indexes the full text of scientific publications in all formats and disciplines. The Google Academy Index includes most of the peer-reviewed online journals in Europe and America from major scientific publishers.
<i>Circulation:</i>	500 issues circulation
	<i>Price free</i>

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

---

Целью журнала «Новые технологии / New Technologies» является формирование единой информационно-коммуникационной среды, способствующей трансферу научно обоснованных инновационных технологий и разработок в производство АПК России.

Научный журнал «Новые технологии / New Technologies» ориентирован на освещение актуальных вопросов теории и практики современной науки, в том числе анализа развития и разработки прогнозных сценариев сельскохозяйственного производства в регионе; работ в области технологии продовольственных продуктов.

Научная концепция издания предполагает публикацию материалов в следующих областях знаний: агрономии, технологии продовольственных продуктов.

### Редакционная коллегия:

---

#### Главный редактор:

**Саида Казбековна Куижева**, ректор ФГБОУ ВО «МГТУ», доктор экономических наук, доцент, Майкоп, Россия

#### Зам. главного редактора:

**Татьяна Анатольевна Овсянникова**, проректор по научной работе и инновационному развитию ФГБОУ ВО «МГТУ», доктор философских наук, профессор, Майкоп, Россия;

**Юрий Иванович Сухоруких**, заведующий кафедрой экологии и защиты окружающей среды ФГБОУ ВО «МГТУ», доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Майкоп, Россия

### Члены редакционной коллегии:

---

**Лесик Янкович Айба**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Академии наук Абхазии, Сухум, Абхазия);

**Ирина Анатольевна Бандурко**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Россия);

**Солтан Сосланбекович Басиев**, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБОУ ВО Горский ГАУ, Владикавказ, Россия);

**Елена Павловна Викторова**, доктор технических наук, профессор (ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции», Краснодар, Россия);

**Римма Шамсудиновна Заремук**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия);

**Сергей Викторович Зеленцов**, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», Краснодар, Россия);

**Закир Аббас оглы Ибрагимов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Азербайджанский государственный аграрный университет, Гянджа, Азербайджанская Республика);

**Дмитрий Анатольевич Иванов**, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ВНИИМЗ – филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Тверская область, Россия);

**Надежда Викторовна Коцарева**, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина», Белгородская область, Россия);

**Константин Николаевич Кулик**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия);

**Вячеслав Михайлович Лукомец**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко», Краснодар, Россия);

**Людмила Степановна Малюкова**, доктор биологических наук (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур», Сочи, Россия);

**Маркарт Герхард Отто**, доктор естественных наук, профессор (Австрийский научно-исследовательский центр лесных культур, Вена, Австрия);

**Магомед Джамалудинович Омаров**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур», Сочи, Россия);

**Раух Ханс Петер**, доктор естественных наук, профессор (Венский университет природных ресурсов и прикладных наук, Вена, Австрия);

**Алексей Владимирович Рындин**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт цветоводства и субтропических культур», Сочи, Россия);

**Саверио Маннино**, доктор химических наук, профессор, научный консультант в области нанобиотехнологий пищевой промышленности (Миланский университет и Университет Бальзано, Милан, Италия);

**Аслан Владимирович Сатибалов**, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБНУ «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства», Нальчик, Россия);

**Хазрет Русланович Суюхов**, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Россия);

**Анзаур Адамович Схалыхов**, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Россия);

**Майя Юрьевна Тамова**, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «КубГТУ», Краснодар, Россия);

**Виктор Иванович Турусов**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева», Воронежская область, Россия);

**Зурет Нурбиевна Хатко**, доктор технических наук, доцент (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Россия);

**Хеннинг Гюнтер**, доктор естественных наук, профессор (Университет прикладных наук, Дрезден, Германия);

**Сергей Семенович Чумаков**, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия);

**Асхад Хазретович Шеуджен**, академик РАН, доктор биологических наук, профессор (ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет», Краснодар, Россия);

**Штангль Роземари**, доктор естественных наук, профессор (Венский университет природных ресурсов и прикладных наук, Вена, Австрия);

**Виктор Петрович Якушев**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия).

---

## THE GOALS AND THE OBJECTIVES

---

The goal of «Новые технологии / New Technologies» journal is to create a unified information and communication environment that promotes the transfer of scientifically grounded innovative technologies and developments in the production into the Agroindustrial complex of Russia (AIC).

«Новые технологии / New Technologies» scientific journal is focused on highlighting topical issues of the theory and practice of modern science, including research analysis of the development and design of forecast scenarios for agricultural production in the region; research in the field of food technology.

The scientific concept of the journal involves the publication of materials in the following fields of science: Agronomy, Food technology.

---

### Editorial board:

---

**Chief editor:**

**Saida K. Kuizheva**, rector of FSBEI HE «MSTU», Doctor of Economics, an associate professor, Maikop, Russia;

**Deputy chief editor:**

**Tatyana A. Ovsyannikova**, vice rector for research and innovative development of FSBEI HE «MSTU», Doctor of Philosophy, a professor, Maikop, Russia;

**Yury I. Sukhorukikh**, head of the Department of Ecology and Environmental Protection of FSBEI HE «MSTU», Doctor of Agricultural Sciences, a professor, Maikop, Russia

---

### Members of Editorial Board:

---

**Lesik Y. Aiba**, Doctor of Agricultural Sciences, a professor (Scientific Research Institute of Agriculture of the Academy of Sciences of Abkhazia, Sukhum, Abkhazia);

**Irina A. Bandurko**, Doctor of Agricultural Sciences, a professor, (FSBEI HE «MSTU», Maikop, Russia);

**Soltan S. Basiev**, Doctor of Agricultural Sciences (FSBEI HE «Gorsky State Agrarian University», Vladikavkaz, Russia);

**Elena P. Victorova**, Doctor of Technical Sciences, a professor (FSBSI «Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products», Krasnodar, Russia);

**Rimma S. Zaremuk**, Doctor of Agricultural Sciences, a professor (FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking», Krasnodar, Russia);

**Sergey V. Zelentsov**, Corresponding Member of the RAS, Doctor of Agricultural Sciences (Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center «All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoi», Krasnodar, Russia);

**Zakir A. Ibragimov**, Doctor of Agricultural Sciences, a professor (Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, The Azerbaijan Republic);

**Dmitry A. Ivanov**, a corresponding member of the RAS, Doctor of Agricultural Sciences, a professor (VNIIMZ – a branch of the FSBSI FIC «Soil Science Institute named after V.V. Dokuchaev», the Tver region, Russia);

**Nadezhda V. Kotsareva**, Doctor of Agricultural Sciences, a professor (FSBEI HE «Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin», the Belgorod region, Russia);

**Konstantin N. Kulik**, an academician of the RAS, Doctor of Agricultural Sciences, a professor (FSC of Agroecology of the RAS, Volgograd, Russia);

**Vyacheslav M. Lukomets**, an academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences (Federal State Budgetary Scientific Institution «National Grain Center named after P.P. Lukyanenko», Russia);

**Lyudmila S. Malyukova**, Doctor of Biological Sciences (FSBSI «All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops», Sochi, Russia);

**Markarth Gerhard Otto**, Doctor of Natural Science, a professor (Austrian Forestry Research Center, Vienna, Austria);

**Magomed D. Omarov**, Doctor of Agricultural Sciences, a professor (FSBSI «All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops», Sochi, Russia);

**Rauch Hans Peter**, Doctor of Natural Sciences, a professor (Vienna University of Natural Resources and Applied Sciences, Vienna, Austria);

**Alexey V. Ryndin**, Corresponding Member of the RAS, Doctor of Agricultural Sciences, (FSBSI «All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops», Sochi, Russia);

**Saverio Mannino**, Doctor of Chemistry, a professor, a scientific consultant in the field of Nanobiotechnology of Food industry (University of Milan and University of Balzano, Milan, Italy);

**Aslan V. Satibalov**, Doctor of Agricultural Sciences an associate professor (FSBSI «The North Caucasian Research Institute of Mountain and Foothill Horticulture», Nalchik, Russia);

**Khazret R. Siyukhov**, Doctor of Technical Sciences, a professor (FSBEI HE «MSTU», Maikop, Russia);

**Anzaur A. Skhalyakhov**, Doctor of Technical Sciences, a professor (FSBEI HE «MSTU», Maikop, Russia);

**Maya Y. Tamova**, Doctor of Technical Sciences, a professor (FSBEI HE «KubSTU», Krasnodar, Russia);

**Victor I. Turusov**, an academician of the RAS, Doctor of Agricultural Sciences (FSBSI «Voronezh FACS named after V.V. Dokuchaev», the Voronezh region, Russia);

**Zuret N. Khatko**, Doctor of Technical Sciences, an associate professor (FSBEI HE «MSTU», Maikop, Russia);

**Henning Gunther**, Doctor of Natural Science, a professor (University of Applied Sciences, Dresden, Germany);

**Sergey S. Chumakov**, Doctor of Agricultural Sciences, a professor (FSBEI HE «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russia);

**Askhad Kh. Sheudzhen**, an academician of the RAS, Doctor of Biological Sciences, a professor (FSBEI HE «Kuban State Agrarian University», Krasnodar, Russia);

**Stangl Rosemarie**, Doctor of Natural Science, a professor (Vienna University of Natural Resources and Applied Sciences, Vienna, Austria);

**Victor P. Yakushev**, an academician of the RAS, Doctor of Agricultural Sciences, a professor (FSBSI «Agrophysical Research Institute», St. Petersburg, Russia).

**Пищевые системы и биотехнология  
продуктов питания  
и биологически активных веществ**

- Белокурова Е.В., Саргсян М.А., Галочкина Н.А., Дерканосова Н.М.**  
Определение общей токсичности обогащающей композиции хлебобулочных изделий с использованием культуры *Stylonychia mytilus* ..... 14
- Бутина Е.А., Дубровская И.А., Герасименко Е.О., Калманович С.А.**  
Современные представления о механизмах образования новых контаминантов растительных масел – сложных эфиров монохлорпропандиолов и высокомолекулярных карбоновых кислот ..... 23
- Вернер А.В., Гращенко Д.В., Чугунова О.В.** Методические и технологические аспекты производства безлактозных молочных продуктов ..... 37
- Ефремова Е.Н., Суторма О.А., Хорошилов Д.Д., Амбросова К.А.** Влияние плодовоовощной смеси на органолептические показатели сорбета ..... 49
- Закоптелова М.В., Бойцова Ю.С.** Обоснование разработки инновационного продукта с добавлением гидробионтов в рамках вызовов Esg-повестки ..... 57
- Ковалевская А.А., Илларионова В.В., Глазенко А.Е., Чебанов И.М., Губа Е.Н.** Разработка мучных кондитерских изделий с применением физиологически ценных продуктов пчеловодства ..... 69
- Крылова И.В., Федоров А.В., Доморощенкова М.Л., Демьяненко Т.Ф., Шагинова Л.О.** Экстракция подсолнечного белка с применением ультразвукового излучения ..... 81
- Ларичева К.Н., Гришина У.Г.** Глицерин как альтернативный растворитель для экстракции глицирризиновой кислоты из корней солодки голой *Glycyrrhiza glabra* ..... 90
- Першакова Т.В., Яковлева Т.В., Чернявская Ю.Н., Котвицкая Д.В.**  
Исследование влияния способа обработки перед сушкой на органолептические показатели, величину потери массы и микробиологические показатели кабачковых чипсов ..... 105
- Смирнова Е.С., Ражина Е.В., Лопаева Н.Л., Хайрова И.М., Синько В.Н., Стахеева Л.М., Шиловцев А.В.** Использование комплекса микроорганизмов в технологии производства йогурта ..... 120

**Соловьева А.И., Брагина Д.А., Ушакова Ю.В., Рысмухамбетова Г.Е.**  
Совершенствование технологии безглютенового хлеба из композитных смесей  
муки ..... 130

**Стерехова Н.В., Меретуков З.А., Гонежук С.Ю., Шишова Р.Г.** Моделирование  
процесса криогенного замораживания семян кориандра ..... 143

### **Сельскохозяйственные науки**

**Стальная М.И., Сичко Н.О.** Изучение биологически активных веществ  
растений Северо-Западного Кавказа, оказывающих седативное действие ..... 157

## Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

<b>Belokurova E.V., Sargsyan M.A., Galochkina N.A., Derkanosova N.A.</b> Determination of the general toxicity of the enriching compositions of bakeries using <i>Stylomychia mytilus</i> cultures .....	14
<b>Butina E.A., Dubrovskaya I.A., Gerasimenko E.O., Kalmanovich S.A.</b> A contemporary view of the mechanisms of formation of new contaminants in vegetable oils - esters of monochloropropanediols and high molecular weight carboxylic acids .....	23
<b>Werner A.V., Grashchenkov D.V., Chugunova O.V.</b> Methodological and techno- logical aspects of the production of lactose-free dairy products .....	37
<b>Efremova E.N., Sutorma O.A., Khoroshilov D.D.</b> The influence of fruit and vegetable mixtures on the organoleptic properties of sorbets .....	49
<b>Zakoptelova M.V., Boytsova Yu.S.</b> Rationale for the development of an innova- tive product with the addition of hydrobionts within the framework of the ESG challenges .....	57
<b>Kovalevskaya A.A., Illarionova V.V., Glasenko A.E., Chebanov I., Guba E.N.</b> Development of flour confectionery products using physiologically valuable beekeeping products .....	69
<b>Krylova I.V., Fedorov A.V., Domoroshchenkova M.L., Demyanenk T.F., Shaginova L.O.</b> Extraction of sunflower protein using ultrasonic radiation .....	81
<b>Laricheva K.N., Grishina U.G.</b> Glycerin as an alternative solvent for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of <i>Glycyrrhiza glabra</i> .....	90
<b>Pershakova T.V., Yakovleva T.V., Chernyavskaya Y.N., Kotvitskaya D.V.v</b> Investigation of the influence of the processing method before drying on the organoleptic characteristics, the amount of weight loss and microbiological parameters of zucchini chips .....	105
<b>Smirnova E.S., Razhina E.V., Lopayeva N.L., Khairova I.M., Sinko V.N., Stakheeva L.M., Shilovtsev A.V.</b> The use of a complex of microorganisms in yogurt production technology .....	120
<b>Soloveva A.I., Bragina D.A., Ushakova Y.V., Rysmukhambetova G.Y.</b> Improving the technology of gluten-free bread from composite flour mixtures .....	130

**Sterekhova N.V., Meretukov Z.A., Gonezhuk S.Y., Shishova R.G.** Simulation of the process of cryogenic freezing of coriander seeds ..... 143

***Agricultural sciences***

**Stalnaja M.I., Sichko N.O.** Study of biologically active substances of plants of the North-West Caucasus that produce a sedative effect ..... 157

# Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

## Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-14-22>

УДК 664.66:[615.281:577.1]

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

### Определение общей токсичности обогащающей композиции хлебобулочных изделий с использованием культуры *Styloynchia mytilus*

Елена В. Белокурова, Мартин А. Саргсян\*, Надежда А. Галочкина,  
Наталья М. Дерканосова

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет  
имени императора Петра I»; ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087,  
Российская Федерация*

**Аннотация.** В целях укрепления здоровья населения необходимо соблюдение основных принципов здорового образа жизни, к которым относятся: поддержание физической активности, рациональное питание, отказ от табака и употребления алкоголя, а также ряд иных мер, направленных на повышение качества и продления продолжительности жизни. В частности, регулярный дисбаланс употребляемых жизненно необходимых нутриентов способствует развитию таких заболеваний, как авитаминозы и микроэлементозы. К наиболее распространенным причинам возникновения микроэлементозов относятся: качество питьевой воды, воздействие антропогенного фактора на окружающую среду и население, особенности почвы в регионе производства продуктов питания и прочие. Одним из механизмов регулирования нарушений элементного статуса населения в регионах с зафиксированным дисбалансом эссенциальных элементов

является коррекция рациона, включающая в себя также и употребление обогащенных продуктов питания. С целью оптимизации технологии производства функциональных продуктов в рамках малых пищевых предприятий и обеспечения развития рынка функциональных хлебобулочных изделий, целесообразен поиск новых методов обогащения жизненно необходимыми микроэлементами основных продуктов питания. Целью исследования является оценка общей токсичности сформированной обогащающей композиции на основе хитозана и цинка, для ее достижения применяли экспресс-метод определения общей токсичности на инфузориях рода *Stylonychia mytilus*. Исследование позволяет сделать вывод о безопасности использования композиции из хитозана и цинка в рецептурах хлеба, приготовленного из муки пшеничной высшего сорта и муки пшеничной цельнозерновой. Результаты направлены на оптимизацию технологии обогащения хлеба путем иммобилизации необходимого эссенциального микроэлемента на поверхности биополимерного носителя.

**Ключевые слова:** хитозан, цинк, токсичность, *Stylonychia mytilus*, эссенциальные элементы, микроэлементоз, иммобилизация, хлебобулочные изделия

*Для цитирования:* Белокурова Е.В., Саргсян М.А., Галочкина Н.А. и др. Определение общей токсичности обогащающей композиции с использованием культуры *Stylonychia mytilus*. Новые технологии / New technologies. 2024; 20(2): <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-14-22>

## Determination of the general toxicity of the enriching compositions of bakeries using *Stylonychia mytilus* cultures

Elena V. Belokurova, Martin A. Sargsyan\*, Nadezhda A. Galochkina,  
Natalia M. Derkanosova

FSBEI HE «Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I»;  
1 Michurin str., Voronezh, 394087, the Russian Federation

**Abstract.** In order to improve public health, it is necessary to adhere to the basic principles of a healthy lifestyle, which include maintaining physical activity, a balanced diet, giving up tobacco and alcohol consumption, as well as a number of other measures aimed at improving the quality and extending life expectancy. In particular, a regular imbalance of consumed vital nutrients contributes to the development of diseases such as vitamin deficiency and microelementosis. The most common causes of microelementosis include the quality of drinking water, the impact of anthropogenic factors on the environment and population, soil characteristics in the food production region, and others. One of the mechanisms for regulating violations of the elemental status of the population in regions with a recorded imbalance of essential elements is diet correction, which also includes the use of fortified food products. In order to optimize the technology for the production of functional products within small food enterprises and ensure the development of the market for functional bakery products, it is advisable to search for new methods for enriching basic food products with vital microelements. The purpose of the research was to assess the general toxicity of the formed enriching composition based on chitosan and zinc. To achieve this, an express method to determine the general toxicity on ciliates of the *Stylonychia mytilus*

genus was used. The research allows us to conclude that it is safe to use a composition of chitosan and zinc in the recipes of bread made from premium wheat flour and whole grain wheat flour. The results are aimed at optimizing the technology of bread fortification by immobilizing the necessary essential microelement on the surface of a biopolymer carrier.

**Keywords:** chitosan, zinc, toxicity, *Styloynchia mytilus*, essential elements, microelementosis, immobilization, bakery products

**For citation:** Belokurova E.V., Sargsyan M.A., Galochkina N.A. et al. Determination of the general toxicity of the enriching compositions of bakeries using *Styloynchia mytilus* cultures. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2): <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-14-22>

**Введение.** Функции всех органов и систем организма человека поддерживаются в динамическом равновесии с окружающей средой. Известно, что загрязнение окружающей среды, вызванное деятельностью человека, значительно влияет на формирование здоровья населения [1, с. 139]. Проблема бедного нутриентного состава питания также может быть связана с региональными условиями произрастания сырьевых источников [2, с. 52]. Развитию ряда осложнений, в частности – микроэлементозов, способствует длительный и регулярный дисбаланс употребляемых нутриентов. Содержание в пище биологически значимых элементов является значимым фактором необходимым для обеспечения здоровья населения. В результате выявленного у населения дисбаланса эссенциальных элементов необходима, помимо прочего, коррекция рациона питания, включающая употребление продуктов, обогащенных необходимыми биологически активными веществами [3, с. 2]. Необходимость в развитии рынка функциональных продуктов питания возникают по причине особенностей биогеохимических провинций. В свете упомянутого, в современной пищевой промышленности актуальным представляется развитие научно-практических направлений, связанных с разработкой и оптимизацией рецептур, обогащенных эссенциальными микроэлементами хлебобулочных изделий [4, с. 2].

Дефицит цинка, как одного из биологически значимых микроэлементов,

представляет собой широко распространенную проблему общественного здравоохранения во многих странах, особенно в регионах с низким и средним уровнем дохода населения [5, с. 2]. В жизнедеятельности организма цинк играет важную роль, поскольку он является составной частью большого количества белков, а также 40 ключевых ферментов, катализирующих гидролиз белков, пептидов, эфиров и альдегидов. Кроме того, цинк участвует в метаболизме алкоголя и процессах всасывания ряда витаминов [6, с. 2]. Обеспечение адекватного уровня цинка играет важную роль в контроле экспрессии определенных генов и стабилизации процессов образования крови. Систематическое употребление продуктов-источников цинка способствует нормализации кислотно-щелочного баланса организма. В регионах, страдающих от зафиксированного дефицита цинка, важным является поиск и развитие технологий производства обогащенных продуктов питания [7, с. 1444].

Одним из способов обогащения возможно использование иммобилизации, нашедшей свое применение и в ряде областей агропромышленного комплекса, включая пищевую промышленность. Иммобилизация в биологии представляет собой любые методы фиксации молекул в пространстве выбранного носителя, не приводящие к потере эффективности закрепляемого компонента. Удержание выбранного объекта достигается путем

адсорбции или хемосорбции. В таком случае, потенциальным носителям необходимо проявлять выраженные гидрофильные свойства, способность к активному участию в реакции [8, с. 2]. К подходящим в качестве носителей относятся полисахариды или белки, такие как: хитозан, целлюлоза, агароза, производные альгиновой кислоты, коллаген, кератин и др. [9, с. 12]. При закреплении на поверхности ряда указанных носителей цинк фиксируется как благодаря физическому, так и благодаря химическому взаимодействию. Образованные таким путем хелатные комплексы представляют собой наиболее стабильные и биодоступные соединения. Из перечисленного, хитозан уже нашел активное применение в качестве носителя ферментов. Данный гидрофильный аминсахарид обладает высокой реакционной способностью, благодаря наличию свободных аминогрупп. Среди прочего, способность к биодegradации и активному растворению в неорганических кислотах выгодно выделяет хитозан на фоне других потенциальных носителей микроэлементов [10, с. 1960]. Данный носитель относится к легко возобновляемым, так как основным источником его добычи в промышленных масштабах является экзоскелет, остающийся в результате промысла представителей членистоногих. Хитозан эффективно адсорбирует не только цинк, но и такие элементы как: хром, медь, железо и другие [11, с. 602].

**Методы исследования.** В целях предварительного определения общей токсичности композиции из хитозана и цинка был применен метод биотестирования кормов на стилонихиях (*Stylonychia mytilus*) в соответствии с ГОСТ 31674-2012 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения общей токсичности». В качестве носителя использовался нерастворимый хитозан торговой марки «ZHEJIANG AOXING BIOTECHNOLOGY CO., LTD» с иммобили-

зованным на его поверхности сульфатом цинка с расчетом на содержание Zn в композиции, соответствующим 20 мг [12, с. 193].

Используемый метод основан на извлечении из исследуемого образца корма различных фракций токсических веществ путем параллельного использования ацетонового и водного экстракта. Результаты эксперимента оценивали по изменениям активности и выживаемости инфузорий в водных растворах перечисленных экстрактов по достижению заданного времени экспозиции.

В качестве исследуемых образцов выступала мука пшеничная цельнозерновая и мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта российских производителей. Сравнение выживаемости инфузорий производилось между контрольными образцами муки и смеси муки с обогащающей композицией в соотношении 200х1.

Исследование проводилось в рамках научно-исследовательской работы кафедры товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ.

**Результаты.** Результат биотеста оценивали по реакции гибели инфузорий при одновременном параллельном исследовании в массе ацетонового и водного экстракта. Через 1 ч экспозиции при анализе водного раствора ацетонового экстракта испытуемых образцов и через 3 ч при анализе водного экстракта вторично подсчитывали численность стилонихий. Параллельно с биотестированием пробы, с целью определения качества водных растворов экстрактов, проводили контрольные тесты. Для этого в лунки помещали стилонихии и заливали их предварительно приготовленными в соответствии с ГОСТ 31674-2012 водными растворами экстрактов без добавления анализируемых проб (контроль). Данные, полученные в результате подсчета количества инфузорий после экспозиции в водном экстракте представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты выживаемости стилонихий в растворе водного экстракта

Table 1

The results of survival of stilonychia in a solution of aqueous extract

Наименование образца водного экстракта	№ повторности	Количество инфузорий в начале опыта	Количество инфузорий в конце опыта	Средняя выживаемость, %
Контроль	1	12	12	100
	2	15	15	
	3	12	12	
	4	13	13	
	5	12	12	
Мука пшеничная высшего сорта, обогащенная композицией, содержащей 20 мг Zn	1	12	11	86,76
	2	15	12	
	3	12	11	
	4	18	16	
	5	11	9	
Мука пшеничная высшего сорта	1	16	12	80,82
	2	14	11	
	3	16	13	
	4	15	13	
	5	12	10	
Мука пшеничная цельнозерновая, обогащенная композицией, содержащей 20 мг Zn	1	13	10	80,52
	2	14	11	
	3	16	13	
	4	16	12	
	5	18	16	
Мука пшеничная цельнозерновая	1	14	11	73,44
	2	11	7	
	3	13	10	
	4	14	10	
	5	12	9	

Данные, полученные в результате подсчета количества инфузорий после экспозиции в водном растворе ацетонового экстракта, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты выживаемости стилонихий в водном растворе ацетонового экстракта

Table 2

The results of survival of stilonychia in an aqueous solution of acetone extract

Наименование образца водного раствора ацетонового экстракта	№ повторности	Количество инфузорий в начале опыта	Количество инфузорий в конце опыта	Средняя выживаемость, %
Контроль	1	15	15	100
	2	12	12	
	3	13	13	
	4	12	12	
	5	15	15	
Мука пшеничная высшего сорта, обогащенная композицией, содержащей 20 мг Zn	1	13	12	85,71
	2	12	11	
	3	17	15	
	4	12	9	
	5	16	13	
Мука пшеничная высшего сорта	1	13	11	80,00
	2	16	14	
	3	14	10	
	4	12	9	
	5	10	8	
Мука пшеничная цельнозерновая, обогащенная композицией, содержащей 20 мг Zn	1	15	11	80,28
	2	11	9	
	3	15	12	
	4	17	14	
	5	13	11	
Мука пшеничная цельнозерновая	1	16	12	74,24
	2	10	8	
	3	11	7	
	4	13	11	
	5	16	11	

После достижения заданного времени экспозиции, помимо подсчета численности стилонихий, оценивали изменение

формы и характер движения простейших в каждой лунке.

**Обсуждение.** В образце муки пшеничной высшего сорта с обогащающей композицией выживаемость составила 86,76% для водного экстракта и 85,71% для водного раствора ацетонового экстракта. Инфузории проявляли высокую активность, средняя выживаемость 86,23%, образец нетоксичный. Наряду с этим в образце с чистой мукой пшеничной высшего сорта выживаемость составила 80,82% для водного экстракта и 80,00% для водного раствора ацетонового экстракта. Инфузории проявляли высокую активность, средняя выживаемость 80,41%, образец нетоксичный.

В образце муки пшеничной цельнозерновой с обогащающей композицией выживаемость составила 80,52% для водного экстракта и 80,28% для водного раствора ацетонового экстракта. Инфузории проявляли высокую активность, средняя выживаемость 80,40%, образец нетоксичный. В то же время, в образце с чистой мукой пшеничной цельнозерновой выживаемость составила 73,44% для водного экстракта и 74,24% для водного раствора ацетонового экстракта. Инфузории проявляли умеренную активность, средняя выживаемость 73,84%, образец слаботоксичный.

При повторном подсчете не было об-

наружено изменений формы и характера движений стилонихий. Значение общей токсичности муки пшеничной цельнозерновой может быть обусловлено особенностями почвы в месте произрастания пшеницы, а также процессом производства, в результате которого сохраняются поверхностные оболочки и зародыш зерна.

Полученные данные демонстрируют повышение процента выживаемости инфузорий при внесении обогащающей композиции из хитозана и цинка. Установленный результат представляет собой предварительное определение безопасности обогащающей композиции и направлен на демонстрацию актуальности ее дальнейшего исследования. В целях подтверждения безопасности обогащающей композиции и эффективности ее усвоения в организме человека необходимо дальнейшее исследование с применением пищеварительных ферментов, а также наблюдение с использованием в качестве модельных объектов лабораторных животных. В настоящий момент кафедрой товароведения и экспертизы товаров ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ ведется исследование эффективности применения обогащающей композиции из хитозана и цинка в рецептурах функциональных хлебобулочных изделий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Евстропов В.М., Старченко С.В., Климов А.С. Факторы, влияющие на здоровье человека. Молодой исследователь Дона. 2019; 3(18):138-141.
2. Потапова Е.В., Васильева О.В. Факторы, влияющие на здоровье человека. Заметки ученого. 2021; 5(2):51-53.
3. Mehri Aliasgharpour. Trace elements in human nutrition (II)—an update. International journal of preventive medicine. 2020; 11(2):1-17.
4. Chen Canxi, Abhishek Chaudhary, Alexander Mathys. Dietary change scenarios and implications for environmental, nutrition, human health and economic dimensions of food sustainability. Nutrients. 2019; 11(856):1-21.
5. Berhe Kidanemariam, Freweini Gebrearegay, Hadush Gebremariam. Prevalence and associated factors of zinc deficiency among pregnant women and children in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. BMC public health. 2019; 19: 1-11.
6. Khan S.T., Malik A., Alwarthan A. et al. The enormity of the zinc deficiency problem and available solutions; an overview. Arabian Journal of Chemistry. 2022; 15(3):1-31.

7. Chasapis C.T., Ntoupa P.S.A., Spiliopoulou C.A. et al. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Archives of toxicology*. 2020; 94:1443-1460.
8. Khan Mohammad Rafiq. Immobilized enzymes: a comprehensive review. *Bulletin of the National Research Centre*. 2021; 45:1-13.
9. Глотова И.А., Галочкина Н.А. Обоснование условий получения функциональных биомодифицированных коллагеновых субстанций. *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова*. 2014; 10(1): 12-19.
10. Ribeiro Eduardo Silveira, Bruna Silva de Farias, Tito Roberto Sant'Anna Cadaval Junior, Luiz Antonio de Almeida Pinto, Patricia Silva Diaz. Chitosan-based nanofibers for enzyme immobilization. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021; 183: 1959-1970.
11. Скотникова Д.С., Мочалова А.Е., Смирнова Л.А. Сорбция ионов металлов сополимерами хитозана с виниловыми мономерами. *Журнал прикладной химии*. 2019; 92(5): 599-604.
12. Белокурова Е.В., Саргсян М.А. Возможность обогащения хлебобулочных изделий биологической композицией «цинк и хитозан». *Известия Дагестанского ГАУ*. 2024; 1(21): 193-197.

#### REFERENCES:

1. Evstropov V.M., Starchenko, S.V., Klimov, A.S. Factors influencing human health. *Young researcher of the Don*. 2019; 3(18): 138-141. (In Russ).
2. Potapova E.V., Vasilyeva O.V. Factors influencing human health. *Notes from a scientist*. 2021; 5(2): 51-53. (In Russ).
3. Mehri Aliasgharpour. Trace elements in human nutrition (II)—an update. *International journal of preventive medicine*. 2020; 11(2): 1-17.
4. Chen Canxi, Abhishek Chaudhary, Alexander Mathys. Dietary change scenarios and implications for environmental, nutrition, human health and economic dimensions of food sustainability. *Nutrients*. 2019; 11(856): 1-21.
5. Berhe Kidanemariam, Freweini Gebrearegay, Hadush Gebremariam. Prevalence and associated factors of zinc deficiency among pregnant women and children in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. *BMC public health*. 2019; 19: 1-11.
6. Khan S.T., Malik, A., Alwarthan A. et al. The enormity of the zinc deficiency problem and available solutions; an overview. *Arabian Journal of Chemistry*. 2022; 15(3): 1-31.
7. Chasapis C.T., Ntoupa P.S.A., Spiliopoulou C.A. et al. Recent aspects of the effects of zinc on human health. *Archives of toxicology*. 2020; 94:1443–1460.
8. Khan Mohammad Rafiq. Immobilized enzymes: a comprehensive review. *Bulletin of the National Research Center*. 2021; 45: 1-13.
9. Glotova, I.A., Galochkina, N.A. Justification of the conditions for obtaining functional biomodified collagen substances// *Bulletin of Biotechnology and physical-chemical Biology named after Yu.A. Ovchinnikov*. 2014; 10(1): 12-19. (In Russ).
10. Ribeiro Eduardo Silveira, Bruna Silva de Farias, Tito Roberto Sant'Anna Cadaval Junior, Luiz Antonio de Almeida Pinto, Patricia Silva Diaz. Chitosan-based nanofibers for enzyme immobilization. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2021; 183: 1959-1970.
11. Skotnikova D.S., Mochalova A.E., Smirnova L.A. Sorption of metal ions by chitosan copolymers with vinyl monomers. *Journal of Applied Chemistry*. 2019; 92(5): 599-604. (In Russ).

12. Belokurova E.V., Sargsyan M.A. Possibility of enriching bakery products with «Zinc and chitosan» biological composition. News of the Dagestan State Agrarian University. 2024; 1(21): 193-197. (In Russ).

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Елена Владимировна Белокурова**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»  
zvezdamal@mail.ru

**Elena V. Belokurova**, PhD (Engineering), Associate Professor, the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I.  
zvezdamal@mail.ru

**Мартин Александрович Саргсян**, аспирант кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»  
mrmartinok@mail.ru

**Martin A. Sargsyan**, Postgraduate Student, the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I  
mrmartinok@mail.ru

**Надежда Алексеевна Галочкина**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»  
Galochkina.na@mail.ru

**Nadezhda A. Galochkina**, PhD (Engineering), Associate Professor, the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I  
Galochkina.na@mail.ru

**Наталья Митрофановна Дерканосова**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой товароведения и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»  
Kommerce05@list.ru

**Natalia M. Derkanosova**, Dr Sci. (Engineering), Professor, Head of the Department of Commodity Science and Examination of Goods, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I  
Kommerce05@list.ru

### **Заявленный вклад соавторов**

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

### **Claimed contribution of co-authors**

All authors of this research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of this article have read and approved the final version submitted

Поступила в редакцию 03.04.2024; поступила после рецензирования 06.05.2024; принята к публикации 07.05.2024

Received 03.04.2024; Revised 06.05.2024; Accepted 07.05.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-23-36>

УДК 664.34:[615.371:547.86:678.049.13]

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

**ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / REVIEW ARTICLE**

## **Современные представления о механизмах образования новых контаминантов растительных масел – сложных эфиров монохлорпропандиолов и высокомолекулярных карбоновых кислот**

Елена А. Бутина\*, Ирина А. Дубровская, Евгений О. Герасименко,  
Светлана А. Калманович

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»;  
ул. Московская 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*

**Аннотация.** Монохлорпропандиолы (МХПД) и их сложные эфиры с высокомолекулярными карбоновыми (жирными) кислотами являются новыми видами технологических контаминантов, присутствующими в рафинированных дезодорированных маслах и других продуктах питания.

Разработка мероприятий по минимизации содержания сложных эфиров МХПД в растительных маслах, являющихся важным компонентом различных пищевых систем, составляет приоритетное направление современных зарубежных и отечественных исследований в области обеспечения безопасности продуктов питания. Эффективность таких мероприятий должна базироваться на представлениях о механизмах образования сложных эфиров МХПД и выявлении их предшественников (прекурсоров), присутствующих в липидном комплексе масличных семян, а также образующихся в процессе их переработки.

Систематизированные статистически достоверные научные знания о механизмах образования сложных эфиров МХПД и их производных до настоящего времени отсутствуют. Предположительно, образование МХПД и их эфиров с жирными кислотами должно коррелировать с присутствием в масличном сырье и собственно в масле соединений хлора, одним из источников которого являются используемые в сельскохозяйственном производстве хлорсодержащие пестициды и биологически активные вещества (удобрения).

Таким образом, целью настоящей статьи является систематическое и всестороннее обобщение представлений о прекурсорах и механизмах образования сложных эфиров МХПД.

В результате анализа и обобщения литературных источников установлено, что основными прекурсорами сложных эфиров МХПД являются ДАГ, ТАГ и различные хлорсодержащие соединения. Основными факторами, влияющими на скорость обра-

зования и количество накопления сложных эфиров МХПД, являются высокие температуры (более 120°C), длительность термической обработки, присутствие свободных жирных кислот, антиоксидантов и влаги. Разные соединения хлора, по-видимому, обладают различной активностью в реакциях, приводящих к образованию сложных эфиров МХПД. Присутствие в липидных системах антиоксидантов способно тормозить реакции образования эфира 3-МХПД, при этом эффективность процесса определяется видом антиоксиданта. По степени увеличения ингибирующей способности наиболее применимые в липидных системах антиоксиданты можно расположить в ряд:  $\alpha$ -токоферол, БОА, БОТ, АП, ПГ и ТБГХ. Роль состава жирных кислот в образовании сложных эфиров МХПД до настоящего времени остается неясной, однако имеются косвенные данные, свидетельствующие о влиянии состава жирных кислот на уровень накопления сложных эфиров МХПД, что определяет целесообразность углубленного изучения данного вопроса.

**Ключевые слова:** контаминанты, монохлорпропандиолы, глицидиловые эфиры, моноацилглицерины, диацилглицерины, прекурсоры, механизмы образования, химические реакции, иницирующие факторы

#### Благодарности

*Исследования выполнены в рамках госзадания Минобрнауки РФ, проект № FZEZ-2023-0004*

*Для цитирования:* Бутина Е.А., Дубровская И.А., Герасименко и др. Современные представления о механизмах образования новых контаминантов растительных масел – сложных эфиров монохлорпропандиолов и высокомолекулярных карбоновых кислот. *Новые технологии / New technologies.* 2024; 20(2): <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-23-36>

## A contemporary view of the mechanisms of formation of new contaminants in vegetable oils – esters of monochloropropanediols and high molecular weight carboxylic acids

Elena A. Butina\*, Irina A. Dubrovskaya, Evgeny O. Gerasimenko, Svetlana A. Kalmanovich

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kuban State Technological University»; 2 Moskovskaya str., Krasnodar, 350072, the Russian Federation*

**Abstract.** Monochloropropanediols (MCPD) and their esters with high molecular weight carboxylic (fatty) acids are new types of technological contaminants present in refined deodorized oils and other foods.

The development of measures to minimize the content of MCPD esters in vegetable oils, which are an important component of various food systems, is a priority direction of modern foreign and domestic research in the field of ensuring food safety. The effectiveness of such measures should be based on ideas about the mechanisms of formation of MCPD

esters and the identification of their predecessors (precursors) present in the lipid complex of oil seeds, as well as those formed during their processing.

Systematized statistically reliable scientific knowledge about the mechanisms of formation of MCPD esters and their derivatives is still missing. Presumably, the formation of MCPDs and their esters with fatty acids should correlate with the presence of chlorine compounds in oilseed raw materials and in the oil itself; chlorine-containing pesticides and biologically active substances (fertilizers) used in agricultural production are one of the sources.

Thus, the goal of the research is a systematic and comprehensive synthesis of ideas about precursors and mechanisms of formation of MCPD esters.

As a result of analysis and synthesis of literature sources, it has been established that the main precursors of MCPD esters are DAG, TAG and various chlorine-containing compounds. The main factors influencing the rate of formation and amount of accumulation of MCPD esters are high temperatures (more than 120°C), duration of heat treatment, the presence of free fatty acids, antioxidants and moisture. Different chlorine compounds appear to have different activities in the reactions leading to the formation of MCPD esters. The presence of antioxidants in lipid systems can inhibit the formation of 3-MCPD ester, and the effectiveness of the process is determined by the type of antioxidant. According to the degree of increase in inhibitory ability, the most applicable antioxidants in lipid systems can be ranked as follows:  $\alpha$ -tocopherol, BOA, BOT, AP, PG and TBHQ. The role of the composition of fatty acids in the formation of MCPD esters still remains unclear; however, there is indirect evidence indicating the influence of the composition of fatty acids on the level of accumulation of MCPD esters, which determines the feasibility of an in-depth study of this issue.

**Keywords:** contaminants, monochloropropanediols, glycidyl ethers, monoacylglycerols, diacylglycerols, precursors, formation mechanisms, chemical reactions, initiating factors

### Acknowledgments

*The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project No. FZEZ-2023-0004.*

**For citation:** Butina E.A., Dubrovskaya I.A., Gerasimenko et al. A contemporary view of the mechanisms of formation of new contaminants in vegetable oils – esters of monochloropropanediols and high molecular weight carboxylic acids. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2): <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-23-36>

**Введение.** Сложные эфиры монохлорпропандиолов и высокомолекулярных карбоновых кислот являются новыми контаминантами, обладающими токсичными и условно канцерогенными свойствами [1-3].

В составе липидных систем, в том числе пищевых масел и жиров, они встречаются в виде сложных моно- и диэфиров с жирными кислотами, состав которых аналогичен составу жирных кислот, характерных для данной системы [2-6].

Повреждающее действие на живые организмы сложных эфиров МХПД в основном обусловлено токсичностью 3-МХПД, являющегося продуктом их трансформации, происходящей как в продуктах питания, так и в пищеварительной системе. Основными органами-мишенями для 3-МХПД являются почки, печень и органы репродуктивной системы [7-10].

В соответствии с Регламентом Европейской комиссии ЕС (COMMISSION REGULATION (EU) 2023/915 of 25 April

2023, устанавливающим нормы показателей безопасности пищевых продуктов, допустимые уровни для суммы сложных эфиров МХПД в пересчете на 3-МХПД для большинства растительных масел составляют 1250 мкг/кг, при этом для масел, используемых в производстве продуктов детского питания, – 750 мкг/кг.

В настоящее время разработка мероприятий по минимизации содержания сложных эфиров МХПД в растительных маслах, являющихся важным компонентом различных пищевых систем, составляет приоритетное направление современных зарубежных и отечественных исследований в области обеспечения безопасности продуктов питания.

Эффективность таких мероприятий должна базироваться на представлениях о механизмах образования сложных эфиров МХПД и выявлении их предшественников (прекурсоров), присутствующих в липидном комплексе масличных семян, а также образующихся в процессе их переработки.

Согласно большинству литературных источников, сложные эфиры МХПД образуются в растительных маслах в процессе рафинации под воздействием высоких температур [11]. Ряд исследователей сходятся во мнении, что основными прекурсорами сложных эфиров МХПД являются соединения хлора, моноацилглицерина (МАГ) и диацилглицерина (ДАГ), уровень содержания которых в исходных нерафинированных маслах зависит от различных факторов, включающих активность ферментного комплекса семян (прежде всего липазы), интенсивность гидролитических процессов, протекающих во время хранения семян и их переработки, используемых хлорсодержащих стимуляторов роста, гербицидов и др. [12-14]. Существуют мнения, что сложные эфиры МХПД при определенных условиях могут образовываться и из триацилглицерина (ТАГ) [15, 16].

Несмотря на достаточно большое

число публикаций, научно обоснованные и систематизированные представления о механизмах образования хлорпропанолов до настоящего времени не установлены, так как предполагаемые химические реакции достаточно сложны и мало изучены, а известные результаты противоречивы.

На основании изложенного, актуальным является проведение исследований, результаты которых позволят обосновать механизмы образования сложных эфиров МХПД и выявить существенные факторы, инициирующие эти процессы. Полученные научные результаты станут основой для последующей разработки системы мер по регулированию значений выявленных критических показателей состава и свойств масличных семян, а также режимов их переработки на примере семян подсолнечника.

Таким образом, целью данной работы является всестороннее обобщение существующих представлений о прекурсорах и взаимодействиях компонентов липидных систем, лежащих в основе механизма образования сложных эфиров МХПД.

**Методология.** Библиографический поиск осуществлялся с использованием наиболее значимых и доступных в настоящее время на территории РФ наукометрических баз данных, включая РИНЦ (<http://elibrary.ru>), Scopus (<https://www.scopus.com>) и Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com>), Springer (<https://www.springer.com>). Глубина поиска составляла 25 лет, что позволило охватить наиболее значимый период изучения ГЭ в зарубежных странах и РФ.

Поисковый запрос формировался с использованием вышеуказанных ключевых слов, а также с внедрением набора логических операторов, наиболее полно отражающих поставленную цель аналитического исследования. Режим поискового доступа на английском языке выглядел следующим образом: ((3-MCPD\* OR 2-MCPD\*) AND (oil AND lipid AND mechanism)).

**Результаты исследований и их об- суждение.** Хлорпропанола образуются в пищевых матрицах под влиянием различных факторов, при этом в качестве их наиболее вероятных прекурсоров могут выступать глицерин, аллиловый спирт, сложные эфиры хлорпропанола, сукралоза и другие углеводы, а также источники ионов хлора [17, 18].

Один из первых механизмов образования монохлорпропандиолов в водных системах, содержащих глицерин и соляную кислоту, был предложен Коллиером в 1991 году [19]. В основе данного механизма лежит реакция нуклеофильного замещения (SN2) хлорид-анионом. Этими же авторами в результате исследований, проведенных на модельных системах, были предложены механизмы образования МХПД из ТАГ через стадию их трансформации в ДАГ и из фосфатидилхолинов. В дальнейшем возможные механизмы образования МХПД в растительных рафинированных маслах изучались в ряде исследований [16, 20-24].

Авторами [25] в эксперименте по моделированию процесса дезодорации при температуре 240 °С с ацилглицерином и солями хлора в качестве субстратов было установлено, что МАГ является потенциальным предшественником 3-МХПД. Вывод о том, что МАГ являются наиболее активными потенциальными предшественниками образования МХПДЭ в растительных маслах, также сделан в работе [26].

В работах других исследователей были опубликованы данные о том, что присутствие ДАГ в модельных липидных системах в большей степени влияет на образование и накопление сложных эфиров МХПД, чем присутствие МАГ [27].

Несмотря на эти противоречивые выводы, подавляющее большинство исследователей сходятся во мнении, что одним из основных технологических фак-

торов, инициирующих процесс образования сложных эфиров МХПД, является повышенная (более 150°С) температура [22, 28, 29].

Среди предлагаемых наиболее вероятных механизмов образования МХПД можно выделить два основных направления. Первое включает механизмы, основанные на прямом нуклеофильном замещении анионом хлора либо сложноэфирной группы, либо гидроксильной группы в молекуле глицерина [21, 23]. Второе объединяет механизмы, в основе которых лежит образование промежуточного эпоксидного кольца или катиона ацилоксония перед их нуклеофильной атакой анионом хлора [21, 22].

Циклический ион ацилоксония, как хорошо известный в органической химии реакционноспособный промежуточный продукт, предлагался в качестве возможного реакционноспособного промежуточного продукта при образовании сложных эфиров 3-МХПД и 2-МХПД многими исследователями в течение достаточно длительного периода [5, 30-32].

Так, в работе [22] путем мониторинга в режиме реального времени ИК-спектров чистых ацилглицеринов с добавлением хлоридных соединений после экспонирования при 100°С было подтверждено фактическое образование циклических ионов ацилоксония.

Согласно исследованиям [31], одним из вариантов образования эфиров МХПД является предположение о том, что в результате внутримолекулярной перегруппировки МАГ в присутствии ионов водорода и молекул воды происходит образование промежуточного циклического иона ацилоксония. В результате последующего раскрытия цикла ионом хлора и его присоединением во втором или третьем положении атома углерода глицеринового остатка происходит образование эфиров МХПД. Схема протекающих реакций представлена на рисунке 1.

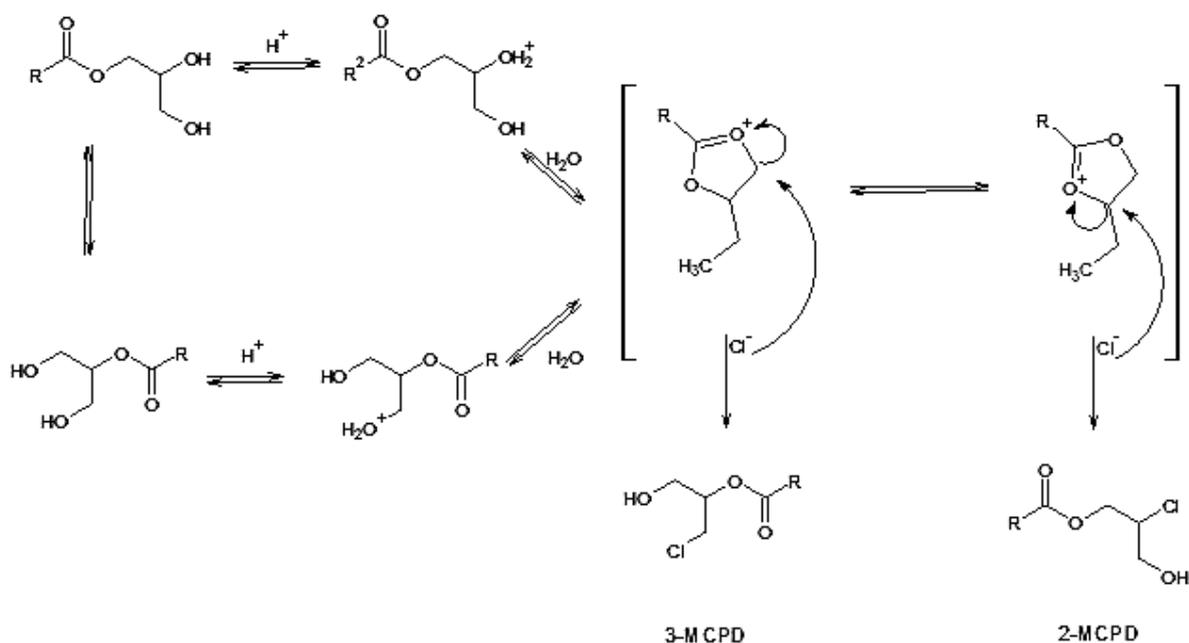


Рис. 1. Возможные механизмы образования МХПД из 1- и 2-МАГ [33]

Fig. 1. Possible mechanisms of formation of MCPD from 1- and 2-MAG [33]

В исследованиях [16, 24] также сообщается о свободнорадикальном механизме образования эфира 3-МХПД, включающем образование промежуточного свободного радикала циклического ацилоксония с последующей его реакцией с хлорсодержащим соединением или другими химическими соединениями. Однако в качестве основных прекурсоров рассматриваются не МАГ, а ДАГ или ТАГ. При этом в работе [16] приводятся экспериментальные данные, полученные с использованием методов электронного спинового резонанса и Q-TOF-MS/MS, подтверждающие образование циклического промежуточного свободного радикала ацилоксония.

Механизм образования эфиров 3-МХПД через стадию образования промежуточного продукта реакции циклического ацилоксониевого иона также представлен в работе [15]. Однако в данной работе говорится о том, что в отличие от ГЭ образование сложных эфиров 3-МХПД происходит преимущественно из ТАГ.

Следует учитывать, что циклический ион ацилоксония может подвергаться воздействию хлорид-иона с образованием сложных эфиров 3-МХПД, а также может разлагаться с образованием ДАГ в ходе реакций гидролиза. В свою очередь, ДАГ и МАГ могут способствовать незначительному образованию глицидиловых эфиров, являющихся канцерогенами, в липидной системе, состоящей только из ТАГ [4, 12, 34, 35].

В исследовании [26] на основе анализа данных, полученных с использованием электронного спинового резонанса (ЭСР) и ИК-спектроскопии с Фурье-преобразованием, были предложены механизмы образования свободных радикалов с участием пятичленных или шестичленных циклических ацилоксониевых свободных радикалов из МАГ. Тандемные квадрупольно-времяпролетные (Q-TOF) МС и МС/МС анализы подтвердили свободнорадикальные механизмы образования. Кроме того, результаты исследования показали, что моноэфир 3-МХПД может

разлагаться при термической обработке, и предположили возможную каталитическую роль  $Fe^{3+}$  в условиях эксперимента.

В исследовании [24] также было показано, что при определенных условиях ионы двух- и трехвалентного железа  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$  могут катализировать образование эфира 3-МХПД из ТАГ.

Роль свободных жирных кислот в образовании 3-МХПД изучалась в работе [27]. Авторами было показано, что для образования сложного эфира 3-МХПД необходимо присутствие жирных кислот. По мере увеличения содержания свободных жирных кислот количество сложных эфиров 3-МХПД также увеличивается.

При постоянном количестве свободных жирных кислот количество 3-МХПД увеличивается с увеличением количества хлоридов. Экспериментально установлено, что сложные эфиры 3-МХПД образуются от 2 до 5 раз быстрее из ДАГ, чем из МАГ (или, возможно, из ТАГ). Сложные эфиры 3-МХПД разлагаются во время реакции, при этом скорость процесса разложения увеличивается с увеличением количества свободных жирных кислот.

На основании полученных экспериментальных данных авторами работы [27] были предложены механизмы образования МХПД, представленные на рисунке 2.

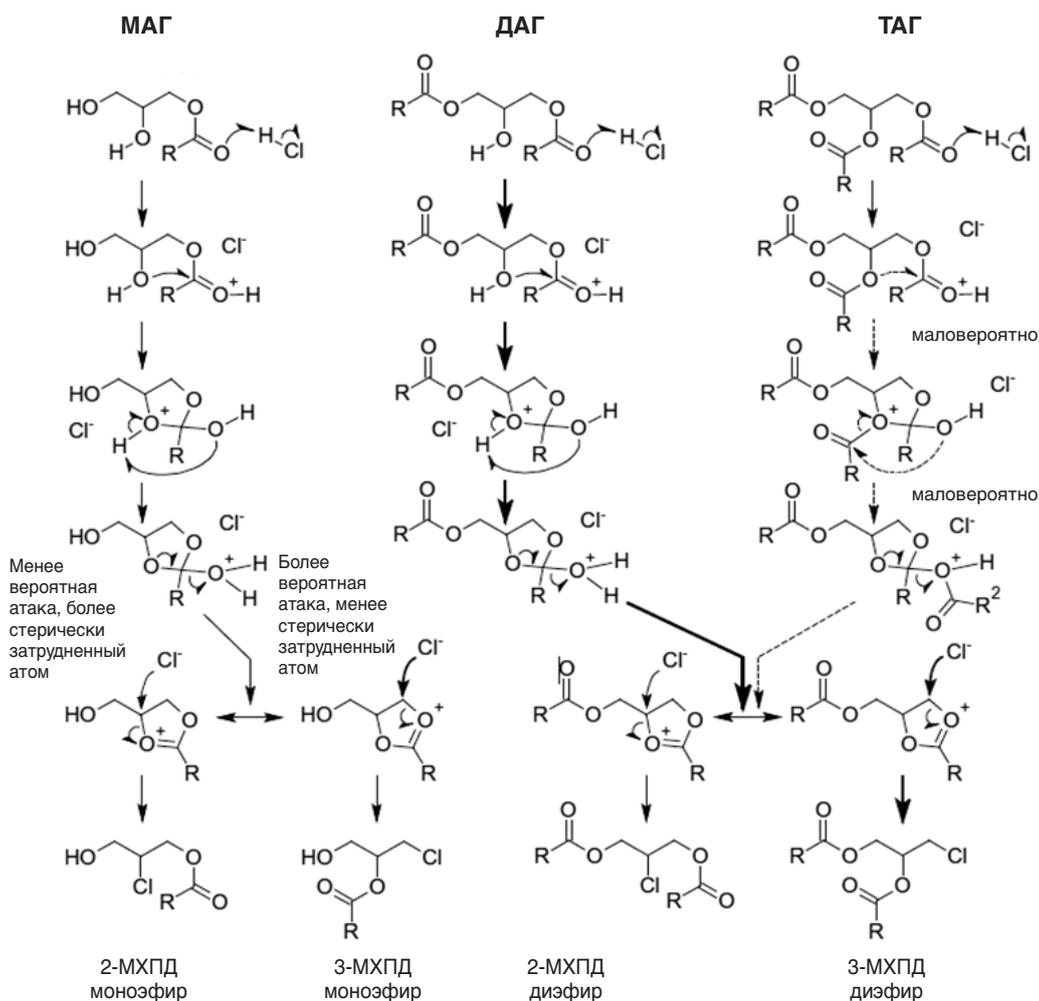


Рис. 2. Предполагаемые механизмы образования эфиров МХПД [27]

Fig. 2. Proposed mechanisms of MCPD esters formation [27]

На первой стадии происходит образование хлороводорода путем установления равновесия между жирной кислотой и хлоридом натрия, привнесенным в систему. Затем атом кислорода оксогруппы глицерина протонируется, после чего образуется 1,3-диоксолановый цикл с участием гидроксильной группы. После отщепления воды (в случае МАГ и ДАГ) образуется циклический оксониевый ион. Далее в результате нуклеофильного замещения хлорид-анионом циклический оксоний (менее стерически затрудненный атом углерода с открытым кольцом) образует либо моноэфир, либо диэфир 3-МХПД.

Таким же образом, хотя и в меньшей степени, нуклеофильное замещение у более пространственно затрудненного атома углерода дает моноэфир или диэфир 2-МХПД.

Теоретически 1,3-диоксолан также может образовываться из ТАГ. Однако нуклеофильная атака эфирной группы атома кислорода, имеющей пониженную

электронную плотность из-за оксогруппы, представляется маловероятной.

Карбоновая кислота должна отщепляться от образовавшейся 1,3-диоксолановой группы, чтобы атом кислорода оксогруппы мог нуклеофильно атаковать атом кислорода оксогруппы сложного эфира.

Следует отметить, что хотя электронная плотность атома углерода уменьшается из-за положительно заряженного соседнего атома кислорода, одновременно электронная плотность увеличивается из-за соседней алкильной группы. Далее авторы делают вывод о том, что поскольку такая атака маловероятна, маловероятно и образование эфиров 3-МХПД из ТАГ, однако эта теория еще нуждается в экспериментальной проверке.

Меньшая скорость образования эфира 3-МХПД из МАГ, чем из ДАГ, может быть объяснена более низкой электронной плотностью на атоме кислорода оксогруппы моноацилглицерина (рис. 3).

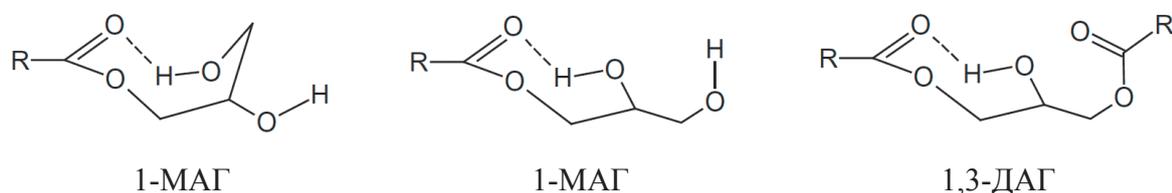


Рис. 3 Образование двойных связей в молекулах МАГ и ДАГ

Fig. 3 Formation of double bonds in MAG and DAG molecules

Электронная плотность атома кислорода оксогруппы МАГ уменьшается за счет водородных мостиков, которые могут быть образованы атомом кислорода оксогруппы, реагирующим с атомами водорода первичной и вторичной гидроксильной группы МАГ.

В ДАГ атом водорода гидроксильной группы может образовывать водородный мостик только с атомом кислорода одной оксогруппы, атом кислорода другой оксогруппы свободен и не уменьшает электронную плотность, что облегчает

протонирование атома кислорода.

В работе [26] также было показано, что в случае, если уровень свободных жирных кислот в рафинированном подсолнечном масле такой же, как и 3-МХПД, то ДАГ является более вероятным прекурсором 3-МХПД, чем МАГ.

Сравнивая вероятность образования и накопления сложных эфиров 2-МХПД и 3-МХПД, следует отметить, что 3-МХПД почти в 10 раз более стабилен, чем 2-МХПД, который легко разлагается в щелочных условиях, а механизмы их образования,

включающие реакцию SN<sub>2</sub>, чувствительны к стерическим эффектам. Данные представления подтверждаются тем фактом, что уровни содержания сложных эфиров 3-МХПД значительно выше уровней содержания сложных эфиров 2-МХПД, обнаруживаемые практически для всех видов растительных масел [36, 37].

Еще одним вероятным путем образования эфиров МХПД является преобразование ГЛ в присутствии источника хлора. Исследованиями [38, 39] было установлено, что ГЭ могут представлять собой прекурсоры моноэфиров 3-МСПД. Однако было показано, что скорость таких превращений очень низкая, в первую очередь из-за того, что отсутствует существенная разница между уровнями ГЭ в модельных реакциях с источником хлорид-ионов и без них [26].

Испытание на термическую деструкцию диэфиров 3-МХПД в условиях, имитирующих процесс дезодорации растительных масел, проведенное в модельной системе, показало, что непрерывное образование моноэфиров 3-МХПД происходит не из-за разложения соответствующих диэфиров, а, скорее всего, из-за трансформации ГЭ в присутствии хлорид-ионов [40]. Кроме того, считается, что реакции разложения сложных эфиров могут протекать при высокой температуре, например, термическое разложение добавленных меток при нагревании [41]. Следовательно, считается, что свободный глицидол, обнаруженный в дистилляционных погонах, может образовываться из ГЭ. Однако в герметичной системе нагрева диолеин не образуется, тогда как ГЭ образуются в идентичных концентрациях [26], указывая на то, что раскисление ГЭ с помощью реакций термической деструкции довольно неосуществимо.

В работах [42-44] делается предположение о том, что сложные эфиры 3-МХПД могут образовываться в результате дегидрохлорирования сложных эфиров дихлорпропанола, которые могут

либо отсутствовать вообще, либо содержаться лишь в небольших количествах в некоторых маслах, таких как подсолнечное масло и масло семян чиа.

В работе [25] описывается изучение образования сложных эфиров 3-МХПД из моностеароилглицерина (МСГ) в условиях высокой температуры и низкой влажности. Различные органические и неорганические хлориды, включая линдан, KCl, CaCl<sub>2</sub>, NaCl, MgCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, CuCl<sub>2</sub>, MnCl<sub>2</sub>, SnCl<sub>2</sub>, ZnCl<sub>2</sub> и FeCl<sub>3</sub>, оценивали на предмет их способности реагировать с глутаматом натрия с образованием 3-МХПД и глицидиловых эфиров при 120 °C и 240 °C с использованием метода UPLC-Q-TOF MS. Результаты показали, что разные соединения хлора различаются по своей способности реагировать с глутаматом натрия и образуют различные продукты, включая моно- и диэфиры 3-МХПД, дистеароилглицерин и глицидиловые эфиры.

О том, что соединения хлора являются одним из главных прекурсоров сложных эфиров МХПД свидетельствуют также недавние исследования [45].

Оригинальное исследование, посвященное изучению влияния различных антиоксидантов на процесс образования МХПД, было предпринято авторами [46].

При проведении экспериментов использовали антиоксиданты, широко применяемые для стабилизации растительных масел и пищевых жиров, такие как бутилгидрокситолуол (БОТ), бутилгидроксианизол (БОА), третбутилгидрохинон (ТБГХ), пропилгаллат (ПГ), аскорбилпальмитат (АП) и α-токоферол (витамин Е). Известно, что эти антиоксиданты защищают липиды от окисления, удаляя или инактивируя свободные радикалы [69]. Кроме того, они могут служить не только поглотителями свободных радикалов, инактиваторами пероксидов и активных форм кислорода, а также вторичных продуктов окисления липидов, но и «гасителями» активных форм азота

и активных форм хлора, образующихся в пищевых маслах при термической обработке [46, 47]. Однако авторы работы [46] отмечают, что данные, характеризующие влияние вышеуказанных антиоксидантов на образование сложных эфиров 3-МХПД, в научной литературе отсутствовали, в связи с чем ими и было предпринято исследование данного вопроса.

Дизайн исследования включал добавление шести вышеуказанных антиоксидантов в модельные реакционные смеси для определения их влияния на образование сложных эфиров 3-МХПД при нагревании.

Ингибиторную способность антиоксидантов исследовали как на химически чистых модельных системах, содержащих такие прекурсоры сложных эфиров 3-МХПД, как трипальмитоилглицерин, 1,2-дипальмитоил-sn-глицерин, монопальмитоил-глицерин и хлорид натрия, так и на реальных модельных системах, включающих нерафинированное рапсовое масло, полученное прямым отжимом с последующей фильтрацией, и хлорид натрия. Модельные реакции проводили при температуре 230°C и экспонировании систем, в этих условиях в течении 30 минут.

Полученные результаты свидетельствовали о том, что все шесть исследуемых антиоксидантов проявляют способность ингибировать образование эфира 3-МХПД как в химически чистых модельных системах, так и в модельных системах с рапсовым маслом.

По степени увеличения ингибирующей способности в обоих видах модельных систем исследованные антиоксиданты можно расположить в ряд:  $\alpha$ -токоферол, БОА, БОТ, АП, ПГ и ТБГХ.

В присутствии ТБХА в количестве 66 мг/кг происходило ингибирование 44% образования эфира 3-МХПД. Самую низкую скорость ингибирования показал  $\alpha$ -токоферол: при его содержании в системе 172 мг/кг ингибировалось только 22% эфиров 3-МХПД. Кроме того, скорость

ингибирования  $\alpha$ -токоферолом и ПГ резко снижалась с повышением температуры или времени нагревания.

Роль состава жирных кислот в образовании сложных эфиров МХПД до настоящего времени остается неясной. Есть данные о том, что при фракционировании пальмового масла МХПД концентрируются в олеиновой жидкой фракции [45]. В исследовании [48] было показано, что образование и накопление сложных эфиров 3-МХПД при высокотемпературной (более 210°C) обработке арахисового масла значимо ( $r = 0,979$ ) коррелировало с количеством образующихся трансизомеров линолевой кислоты.

Данный факт может рассматриваться как косвенное свидетельство влияния состава жирных кислот на уровень накопления МХПД и ГЭ и определяет целесообразность углубленного изучения данного вопроса.

Вместе с тем данные по влиянию антиоксидантов, а также минорных липидов и нелипидных компонентов липидного комплекса масличных семян на процессы образования сложных эфиров МХПД достаточно отрывочны, что определяет необходимость дальнейшего изучения проблемы.

**Выводы.** Согласно современным представлениям, основными прекурсорами сложных эфиров МХПЖ являются ДАГ, ТАГ и различные хлорсодержащие соединения.

Основными факторами, влияющими на скорость образования и количество накопления сложных эфиров МХПД, являются высокие температуры (более 120°C), длительность термической обработки, присутствие свободных жирных кислот, антиоксидантов и влаги.

Разные соединения хлора, по-видимому, обладают различной активностью в реакциях, приводящих к образованию сложных эфиров МХПД.

Присутствие в липидных системах антиоксидантов способно тормозить ре-

акции образования эфира 3-МХПД, при этом эффективность процесса определяется видом антиоксиданта. По степени увеличения ингибирующей способности наиболее применимые в липидных системах антиоксиданты можно расположить в ряд:  $\alpha$ -токоферол, БОА, БОТ, АП, ПГ и ТБГХ.

Роль состава жирных кислот в образовании сложных эфиров МХПД до настоящего времени остается неясной, однако имеются косвенные данные, свидетельствующие о влиянии состава жирных кислот на уровень накопления сложных эфиров МХПД, что определяет целесообразность углубленного изучения данного вопроса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES:

1. Becalski A, Feng S, Lau BP-Y. et al. A pilot survey of 2- and 3-monochloropropanediol and glycidol fatty acid esters in foods on the Canadian market 2011–2013. *Food Comp Anal.* 2015; 37: 58-66.
2. Ibrahim N., Razak A.A., Ramli R. et al. 3-MCPD Esters: A new challenge for the palm oil industry. Conference Paper November 2016. Available from: file:///C:/Users/HP/Downloads/3-MCPDE-Anewchallengeforpalmoilindustry.pdf
3. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. World Health Organization: International Agency for Research on Cancer. 2000; 77: 469-486.
4. Макаренко М.А., Малинкин А.Д., Боков Д.О. Монохлорпропандиолы, глицидол и их эфиры в детском питании. *Вопросы детской диетологии.* 2019; 17(1): 38-48. DOI: 10.20953/1727-5784-2019-1-38-48.
5. Crews C., Chiodini A., Granvogl M. et al. Hamlet Analytical approaches for MCPD esters and glycidyl esters in food and biological samples: a review and future perspectives. *Food Addit. Contam. Part A.* 2013; 30(1): 11-45. DOI: 10.1080/19440049.2012.720385
6. Jorge A. Custodio-Mendoza, Raquel Send'on, Ana Rodríguez-Bernaldo de Quir'os et al. Development of a QuEChERS method for simultaneous analysis of 3-Monochloropropane-1,2-diol monoesters and Glycidyl esters in edible oils and margarine by LC-APCI-MS/MS. *Analytica Chimica Acta.* 2023; 1239 A 340712: 1-9.
7. Lu J. et al. 3-Chloro-1, 2-propanediol inhibits autophagic flux by impairment of lysosomal function in HepG2 cells. *Food Chem. Toxicol.* 2020; 144. A. 111575.
8. Eisenreich A., Monien B.H., G'otz M.E. et al. 3-MCPD as contaminant in processed foods: state of knowledge and remaining challenges. *Food Chem.* 2022: 134332.
9. Sawada S. et al. Proteomic analysis of 3-MCPD and 3-MCPD dipalmitate toxicity in rat testis. *Food Chem. Toxicol.* 2015; 83; 84-92.
10. Xing H.Z. et al. 3-Monochloropropane-1, 2-diol causes irreversible damage to reproductive ability independent of hormone changes in adult male rats. *Food Chem. Toxicol.* 2019; 124: 10-16.
11. Cheng W.WLiu., Wang L.Q. et al. Glycidyl fatty acid esters in refined edible oils: a review on formation, occurrence, analysis, and elimination methods. *Comp. Reviews in Food Sc. and, Food Saf.* 2017; 16: 263-281.
12. Моргунова Е., Бабодей В., Пчельникова А. Глицидиловые эфиры жирных кислот. *Мировой тренд в безопасности продуктов питания. Наука, питание и здоровье.* 2021; 1(2): 400-407.
13. Martin David Rose. European Food Safety Authority. Risks for human health related to the presence of 3- and 2-monochloropropanediol (MCPD), and their fatty acid esters, and glycidyl fatty acid esters in food EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA J.* 2016; 14(5): 4426.

14. Abdel-Cader A.A., Mohamedin A.A.M., Ahmed M.K.A. Growth and Yield of Sunflower as Affected by Different Salt Affected Soils. *International Journal of Agriculture and Biology*. 2006; 5: 583-587.

15. Destailats F, Craft B.D., Sandoz L. et al. Formation mechanisms of monochloropropanediol (MCPD) fatty acid diesters in refined palm (*Elaeis guineensis*) oil and related fractions. *Food Addit Contam*. 2012; A 29: 29-37.

16. Zhang X., Gao B., Qin, F. et al. Free radical mediated formation of 3-monochloropropanediol (3-MCPD) fatty acid diesters. *J. Agric. Food Chem*. 2013; 61: 2548-2555.

17. Changxia Sun, Wu Ni, Kou Shunli et al. Occurrence, formation mechanism, detection methods, and removal approaches for chloropropanols and their esters in food: An updated systematic review. *Food Chemistry: X* 17. 2023; 100529: 1-10.

18. Lakshmanan S., Yung, Y.L. Chloride reduction by water washing of crude palm oil to assist in 3-monochloropropane-1, 2 diol ester (3-MCPDE) mitigation. *Food Additives and Contaminants: Part A*. 2021; 38(3): 371-387.

19. Collier P.D., Cromie, D.D.O., Davies A.P. Mechanism of formation of chloropropanols present in protein hydrolysates. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 1991; 68: 785-790.

20. Weißhaar R, Perz R. Fatty acid esters of glycidol in refined fats and oils. *Eur J Lipid Sci Technol* 2010; 112: 158-65.

21. Destailats F., Craft B.D., Dubois M. et al. Nagy K. Glycidyl esters in refined palm (*Elaeis guineensis*) oil and related fractions. Part I: Formation mechanism. *Food Chemistry*. 2012; 131(4): 1391-1398.

22. Rahn A.K.K, Yaylayan V.A. Monitoring cyclic acyloxonium ion formation in palmitin systems using infrared spectroscopy and isotope labelling technique. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2011; 113: 330-334.

23. Rahn A.K.K., Yaylayan V.A. What do we know about the molecular mechanism of 3-MCPD ester formation? *Eur. J. Lipid Sci. Technol*. 2011; 113: 323-329.

24. Zhang Z., Gao B., Zhang X. et al. Formation of 3-monochloro-1,2-propanediol (3-MCPD) di- and monoesters from tristearoylglycerol (TSG) and the potential catalytic effect of Fe<sup>2+</sup> and Fe<sup>3+</sup>. *J. Agric. Food Chem*. 2015; 63: 1839-1848.

25. Zhao Y., Zhang Y., Zhang Z. et al. Jie Liu Formation of 3-MCPD Fatty Acid Esters from Monostearoyl Glycerol and the Thermal Stability of 3-MCPD Monoesters. *J. Agric. Food Chem*. 2016; 64: 8918-8926. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b04048

26. Shimizu M., Vosmann K., Matthus B. Generation of 3-monochloro-1,2-propanediol and related materials from tri-, di-, and mono-olein at deodorization temperature. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2012; 114(11): 1268-1273. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201200078>

27. Smidrkal J., Tesarova M., Hradkova I. et al. Mechanism of formation of 3-chloropropan-1,2-diol (3-MCPD) esters under conditions of the vegetable oil refining. *Food Chemistry/2016*; 211: 124-129. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.039>

28. Yu H. W., Muhamad H., Abas F., et al. Effects of temperature and NaCl on the formation of 3-MCPD esters and glycidyl esters in refined, bleached and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips. *Food Chemistry*. 2017; 219: 126-130. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.130>

29. Kok Ming Goh, Yu Hua Wong, Chin Ping Tan A summary of 2-, 3-MCPD esters and glycidyl ester occurrence during frying and baking processes. *Current Research in Food Science*. 2021; 4: 460-469.

30. Wei-wei Cheng, Guo-qin Liu, Li-qing Wang et al. Glycidyl Fatty Acid Esters in Refined Edible Oils: A Review on Formation, Occurrence, Analysis, and Elimination Methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2017; 00: 1-19. doi: 10.1111/1541-4337.12251
31. Hamlet C.G., Sadd P.A., Gray D.A. Generation of monochloropropanediols (MCPDs) in model dough systems. 1. Leaveneddoughs. *J Agric Food Chem*. 2004; 52: 2059-2066.
32. Velisek J., Dolezal M., Crews C. et al. Optical isomers of chloropropanediols: mechanisms of their formation and decomposition in protein hydrolysates. *Czech J Food Sci*. 2002; 20: 161-170.
33. Velisek J., Davidek J., Kubelka V. et al. New chlorine-containing organic compounds in protein hydrolysates. *Agric Food Chem*. 1980; 28(6): 1142-11444.
34. Чернова А.В., Доскач Л.А. О нормировании содержания глицидиловых эфиров жирных кислот и глицидола в пищевой продукции. *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2022; 60(2): 13-22.
35. Liu P.W. et al. 3-MCPD and glycidol coexposure induces systemic toxicity and synergistic nephrotoxicity via NLRP3 inflammasome activation, necroptosis, and autophagic cell death. *J. Hazard. Mater*. 2021; 405: 124241.
36. Koyama K., Miyazaki K., Abe K. et al. Optimization of an indirect enzymatic method for the simultaneous analysis of 3-MCPD, 2-MCPD, and glycidyl esters in edible oils. *J Oleo Sci*. 2015; 64: 1057-1064.
37. J drkiewicz R., Głowacz A., Gromadzka J. et al. Determination of 3-MCPD and 2-MCPD esters in edible oils, fish oils and lipid fractions of margarines available on Polish market. *Food Control*. 2016; 59: 487-492.
38. Shimizu M., Weitkamp P., Vosmann K., et al. Influence of chloride and glycidyl-ester on the generation of 3-MCPD- and glycidyl-esters. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2013; 115: 735-739.
39. Rahn A.K.K., Yaylayan V.A. What do we know about the molecular mechanism of 3-MCPD ester formation? *Eur J Lipid Sci Technol*. 2011; 113: 323-329.
40. Ermacora A., Hrnčirik K. Study on the thermal degradation of 3-MCPD esters in model systems simulating deodorization of vegetable oils. *Food Chem*. 2014; 150: 158-163.
41. Milchert E., Krzyżanowska A., Wołosiak-Hnat A. et al. The Influence of technological parameters on dehydrochlorination of dichloropropanols. *Ind Engr Chem Res*. 2012. 51: 3575-3579.
42. Yang L., Jin F, Zhang P., Zhang Y. et al. Simultaneous determination of perfluorinated compounds in edible oil by gel-permeation chromatography combined with dispersive solid-phase extraction and liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *J Agric Food Chem*. 2015; 63: 8364-8371.
43. Kuhlmann J. Analysis and occurrence of dichloropropanol fatty acid esters and related process-induced contaminants in edible oils and fats. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2016; 118: 382-395.
44. Ramli M.R., Tarmizi A.H.A., Hammid A.N.A. et al. Preliminary Large Scale Mitigation of 3-Monochloropropane-1, 2-diol (3-MCPD) Esters and Glycidyl Esters in Palm Oil. *Journal of Oleo Science*. 2020; 69(8): 815-824. <https://doi.org/10.5650/jos.ess20021>
45. Chang Li., Hanbing Jia, Mingyue Shen Antioxidants Inhibit Formation of 3-Monochloropropane-1,2-diol Esters in Model Reactions./ *J. Agric. Food Chem*. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b03503

### **Информация об авторах / Information about the authors**

---

**Елена Александровна Бутина**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

**Elena A. Butina**, Dr Sci (Eng.), Professor, FSBEI HE «Kuban State Technological University»  
butina\_elen@mail.ru

**Ирина Александровна Дубровская**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

**Irina A. Dubrovskaya**, PhD (Eng.), Associate Professor, FSBEI HE «Kuban State Technological University»

**Евгений Олегович Герасименко**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

**Evgeniy O. Gerasimenko**, Dr Sci (Eng.), Professor, FSBEI HE «Kuban State Technological University»

**Светлана Александровна Калманович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

**Svetlana A. Kalmanovich**, PhD (Eng.), Associate professor, FSBEI HE «Kuban state technological university»

#### **Заявленный вклад соавторов**

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

#### **Claimed contribution of co-authors**

All authors of this research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of this article have read and approved the final version submitted

---

Поступила в редакцию 29.03.2024; поступила после рецензирования 26.04.2024; принята к публикации 27.04.2024

Received 29.03.2024; Revised 26.04.2024; Accepted 27.04.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-37-48>  
УДК 637.12.04/07  
© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Методические и технологические аспекты производства безлактозных молочных продуктов

Алексей В. Вернер, Дмитрий В. Гращенков, Ольга В. Чугунова\*

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»;  
ул. 8 Марта, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Российская Федерация*

**Аннотация.** В работе приведено обоснование необходимости исследования разработки новых безлактозных молочных продуктов, в связи с увеличением объема их потребления населением и необходимостью освоения технологий переработки молочной сыворотки, применяя различные технологии удаления лактозы, в том числе ферментативные. Молочная сыворотка богата своим аминокислотным составом, обладает биологической ценностью и высокой степенью усвояемости в человеческом организме, за счет чего продукты переработки молочной сыворотки становятся привлекательными для потребителя.

**Целью** работы является разработка способа получения безлактозного альбумина из свежей молочной сыворотки, полученной после производства сыра или творога, с использованием технологии ферментативного гидролиза. Проанализирован рынок безлактозных молочных продуктов в Российской Федерации и ассортимент, который представлен в городе Екатеринбурге Свердловской области. Приведены исследования параметров температуры, продолжительности, количества вносимого фермента  $\beta$ -галактозидазы для получения безлактозного молочного продукта с наибольшим выходом по массе и наилучшими органолептическими показателями, исходя из фактических технологических отработок. Исследованы органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества и безопасности полученного безлактозного альбумина. Полученный продукт имеет схожие с классическим творогом органолептические показатели и структуру, что позволяет его использовать как заменитель творога для разработки безлактозных изделий и блюд, которые можно использовать в детском питании.

**Ключевые слова:** молочная сыворотка, безлактозный продукт, лактоза, ферментативный гидролиз, показатели качества, альбумин,  $\beta$ -галактозидаза

**Для цитирования:** Вернер А.В., Гращенков Д.В., Чугунова О.В. Методические и технологические аспекты производства безлактозных молочных продуктов. Новые технологии / *New technologies*. 2024; 20(2): <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-37-48>

## Methodological and technological aspects of the production of lactose-free dairy products

Alexey V. Werner, Dmitry V. Grashchenkov, Olga V. Chugunova\*

FSBEI HE «Ural State University of Economics»; 8 Marta str., 62/45,  
Yekaterinburg, 620144, the Russian Federation

**Abstract.** The article provides a rationale for the need to study the development of new lactose-free dairy products, due to an increase in the volume of consumption and the need to master whey processing technologies, using various lactose removal technologies, including enzymatic ones. Whey is rich in amino acids, has high biological value and high degree of digestibility in the human body, due to which whey processed products become attractive to a consumer.

The purpose of the research is to develop a method for producing lactose-free albumin from fresh whey obtained after the production of cheese or cottage cheese, using enzymatic hydrolysis technology. The market for lactose-free dairy products in the Russian Federation and the assortment that is presented in the city of Yekaterinburg, the Sverdlovsk region, have been analyzed. The parameters of temperature, duration, and amount of  $\beta$ -galactosidase enzyme added to obtain a lactose-free dairy product with the highest weight yield and the best organoleptic characteristics based on actual technological developments have been investigated. Organoleptic, physicochemical and microbiological indicators of the quality and safety of the resulting lactose-free albumin have been studied. The resulting product has organoleptic characteristics and structure similar to classic cottage cheese, so that it can be used as a cottage cheese substitute for the development of lactose-free products and dishes for baby food.

**Keywords:** whey, lactose-free product, lactose, enzymatic hydrolysis, quality indicators, albumin,  $\beta$ -galactosidase

**For citation:** Werner A.V., Grashchenkov D.V., Chugunova O.V. Methodological and technological aspects of the production of lactose-free dairy products. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-37-48>

**Введение.** Молоко является фундаментальным компонентом рациона человека, однако приблизительно 60% взрослого населения во всем мире имеет нарушения способности переваривать лактозу [1].

Медики выделяют два основных состояния: лактазную недостаточность и непереносимость лактозы. Лактазная недостаточность представляет собой наиболее распространенную форму дефицита дисахаридазы, возникающую из-за сниженной продукции фермента лактазы-флоризингидролазы. Непереносимость лактозы – клинический синдром, при котором организм не способен переварить и усваивать лак-

тозу, характеризующийся болью, вздутием живота, метеоризмом и диареей. Одной из причин развития непереносимости лактозы может быть лактазная недостаточность [2].

Большинство взрослых и подростков с ограниченным перевариванием лактозы могут переносить не более 12 г лактозы в сутки, столько примерно содержится в одном стакане (240 мл) молока, в то же время большинство исследователей сходятся во мнении, что допустимое количество, не вызывающее симптомов, в среднем равняется 6 г даже для ребенка [3], в то время как здоровый ребенок до 1 года способен усвоить 60–70 г лактозы в сутки [2].

В работе Dekker, P. J. T. [4] показано «наличие нескольких молочных продуктов», которые содержат незначительное количество или вообще не содержат лактозы. Например, некоторые виды сыра, включая «Гауду», производственный процесс которого подразумевает промывку сырного зерна, вследствие чего снижается уровень лактозы. Молочнокислородное брожение расщепляет лактозу, поэтому сыры, производственный процесс которых включает длительное созревание, также имеют низкое содержание лактозы. Сливочное масло имеет содержание лактозы на уровне менее 0,1 %, так как во время производства большинство водорастворимых компонентов молока удаляются [4].

Классическая схема гидролиза лактозы с использованием жидкого фермента  $\beta$ -галактозидазы, полученного из грибов или дрожжей, представляет собой введение ферментного препарата в исходное молочное сырье и выдержку при определенных условиях температуры и продолжительности [3]. Ферментативный гидролиз с использованием фермента  $\beta$ -галактозидазы не вступает в реакцию с другими пищевыми веществами, кроме лактозы [5], вследствие чего этот метод можно назвать щадящим. Одним из важных параметров эффективности процесса гидролиза лактозы с использованием  $\beta$ -галактозидазы является рН среды, в зависимости от которой необходимо подобрать соответствующий фермент – кислотоустойчивый или нейтральный [6].

Существуют и другие технологии удаления лактозы из молочных продуктов, например, ультра- и нанофильтрация, сладость полученных молочных продуктов не увеличивается по сравнению с ферментативным гидролизом, но при прохождении продукта через специальные мембраны удаляется часть жиров и белков [8]. В сочетании двух технологий (ферментативный гидролиз и нанофильтрация [9]) можно добиться удаления практически всей лактозы и получить продукт пригодный для

употребления диабетиками и людей с лактазией. Ключевой проблемой при удалении лактозы из молока методом фильтрации является широкий гранулометрический состав белков в молоке, из-за чего снижается эффективность разделения белков и лактозы [5].

Один из самых популярных безлактозных продуктов – это питьевое молоко. На территории Российской Федерации его производят такие крупные предприятия, как Ставропольский молочный комбинат [10], агропромышленный холдинг братьев Чебурашкиных [11], фирмы «Valio» [12] и «Parmalat» [13], а также ГК «Лосево» [14].

Переработка молочной сыворотки, как побочного продукта при изготовлении творога или сыра, является перспективным и малоизученным направлением. Сывороточные белки являются наиболее ценными, так как содержат такие аминокислоты, как цистеин, гистидин, метионин, лизин, треонин, триптофан и аргинин, отличаются высокой биологической ценностью и степенью усвоения по сравнению с другими источниками белка, сравнение представлено на рисунке 1 [17].

Один из вариантов переработки молочной сыворотки – концентрирование альбуминовых белков, например, с помощью кислотного гидролиза, в результате которого получается альбуминовая паста. В Италии такой продукт называют рикоттой – традиционный итальянский сывороточный сыр. Альбуминовая паста имеет приятную нежную текстуру и кисловатый, похожий на творожный, вкус.

Для разработки рационов питания для детей с непереносимостью лактозы необходимо иметь достаточный ассортимент продукции, которыми можно заменить продукты-аллергены. Молоко и молочные продукты – одни из важнейших источников пищевых веществ, незаменимых аминокислот и кальция, необходимых для правильного роста и развития детского организма [16]. Ассортимент безлактозных молочных продуктов, представлен-

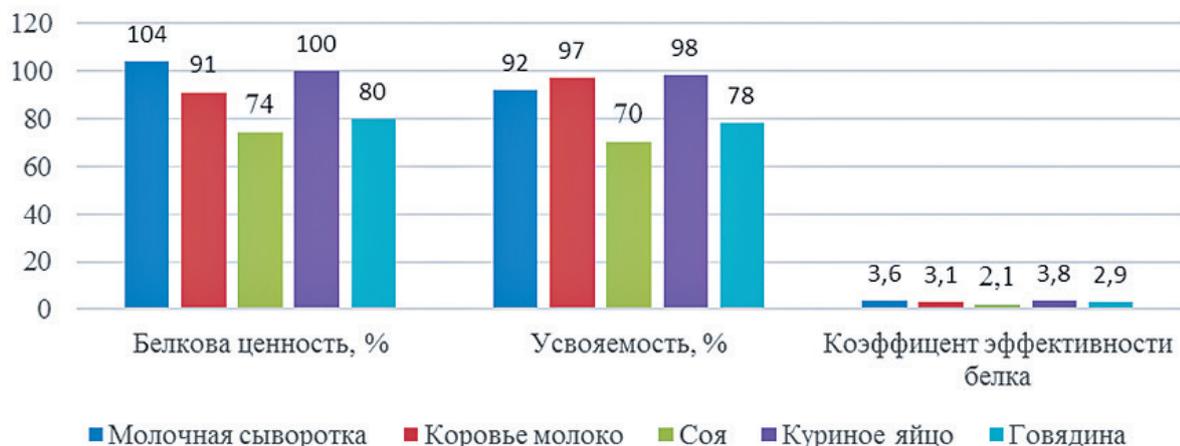


Рис. 1. Сравнение показателей молочной сыворотки и других белковых продуктов [17]  
А) Биологическая ценность

Fig. 1. Comparison of indicators of whey and other protein products [17]  
A) Biological value



Рис. 1. Сравнение показателей молочной сыворотки и других белковых продуктов [17]  
Б) Коэффициент усвояемости  
B) Digestibility coefficient

ный в Свердловской области, является ограниченным, поэтому разработка новых безлактозных продуктов питания также является актуальной и значимой задачей.

**Цель работы.** Разработка технологии изготовления безлактозного альбумина из молочной сыворотки.

Одним из ключевых трендов в пищевой индустрии становится разработка продуктов, которые характеризуются

высоким качеством и энергетически сбалансированы [15,16].

**Объекты и методы исследования.** Для разработки технологии изготовления безлактозного альбумина использовали следующие сырье и материалы:

- сыворотка молочная, соответствующая требованиям ГОСТ 34352-2017 [18];
- ферментный препарат β-галактозидазы Mayalact® 5000 (изготовитель

Mayasan biotech, Турция) [19].

Перечень методик, в соответствии с которыми определяли показатели качества и безопасности, представлен ниже:

– массовую долю сухого вещества в молочных продуктах определяли по ГОСТ 3626-73 «Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества» [20];

– массовую долю белка в молочных продуктах определяли по ГОСТ Р 53951-2010 «Продукты молочные, молочные составные и молокосодержащие. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля» [21];

– массовую долю жира в молочных продуктах определяли по ГОСТ 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира» [22];

– массовую долю сахара в молочных продуктах определяли по ГОСТ Р 54667-

2011 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли сахаров» [23];

– микробиологические показатели молочной продукции по 23901-204 [24].

**Результаты и их обсуждение.** Для изготовления безлактозных молочных блюд можно выделить два основных вида продукции – это безлактозное молоко и безлактозный творог.

Снижение объемов импорта безлактозной продукции в последние 2–3 года было вызвано ростом мировых цен и низкой платежеспособностью населения [25].

За 2019–2023 годы был изучен ассортимент безлактозного молока, реализуемого в городе Екатеринбурге, установлено, что данные продукты представлены только в крупных торговых сетях (альтернативные, на основе растительных компонентов, виды молока не рассматривались) (табл. 1).

Таблица 1

Ассортимент безлактозного молока, найденный в городе Екатеринбурге

Table 1

The range of lactose-free milk found in the city of Yekaterinburg

Бренд/наименование	Жирность	Степень пастеризации	Стоимость за 1 литр, руб.
«Parmalat Comfort»	0,05	ультрапастеризованное	125–134
«Parmalat Comfort»	1,8	ультрапастеризованное	125–134
«Parmalat Comfort»	3,5	ультрапастеризованное	130–140
«Простоквашино»	1,5	ультрапастеризованное	121–135
«Valio»	3,5	ультрапастеризованное	230–250

Безлактозный творог представлен только на интернет-площадках – «маркетплейсах», и на полках магазинов найден не был («ВкусВилл» 4,5% жирности, стоимость варьируется в пределах 540–560 рублей за кг).

Можно отметить небольшой ассортимент безлактозных молочных продуктов питания, в том числе сложность покупки, в магазинах шаговой доступности (в радиусе 250–300 метров от места проживания)

зачастую таких продуктов нет, крупные же торговые сети реализуют только один вид безлактозного продукта – молоко. Немаловажный фактор – это высокая стоимость безлактозных продуктов, что затрудняет их использование в организованном детском питании, если учитывать, что на одного ребенка выделяется определенная сумма. Такая высокая стоимость молочного сырья не берется в расчет.

Для расширения ассортимента безлактозной продукции было принято решение разработать технологию производства безлактозного альбумина.

Традиционная технология производства альбумина из молочной сыворотки включает четыре этапа [24]. Представлена на рисунке 2.

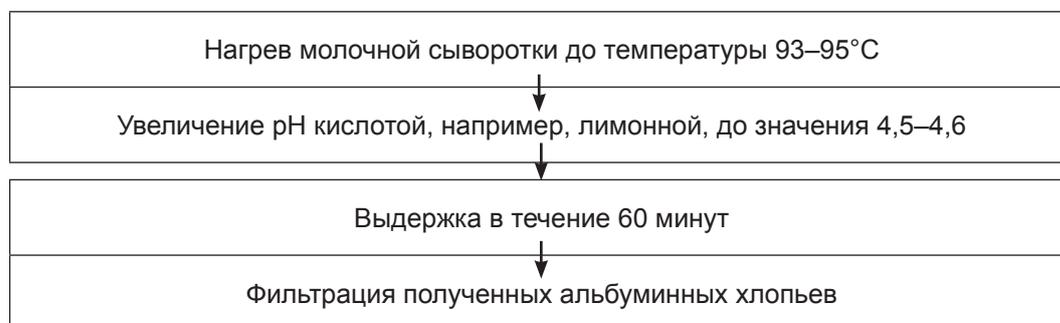


Рис. 2. Традиционная технология производства альбумина из молочной сыворотки

Fig. 2. Traditional technology of albumin production from whey

Для гидролиза лактозы использовался жидкий фермент β-галактозидазы Maуа-lact® 5000, оптимальные условия, согласно спецификации:

- для 70–80 % гидролиза лактозы – 2,5 часа при 37°C и 15 часов при 6°C;
- для 30–35 % гидролиза лактозы – 20 минут при 37°C и 6,5 часов при 6°C.

Для уменьшения развития микробиологической обсемененности в процессе выдержки свежей сыворотки вместе с ферментом необходимо провести в самом начале этап быстрой пастеризации при

температуре + 72 °С продолжительностью 20 секунд.

Поддержка и оценка pH на необходимом для ферментации и для кислотного гидролиза этапе производилась с помощью установок автотитраторов.

В качестве сравнения были взяты два вида молочной сыворотки: подсырная, после изготовления твердого сыра типа «Российский», и сыворотка, полученная при изготовлении творога. Органолептическая оценка двух видов сывороток представлена в таблице 2.

Таблица 2

Органолептическая оценка двух видов сыворотки

Table 2

Organoleptic evaluation of two types of serum

Показатель	Сыворотка	
	подсырная	творожная
цвет	светло-желтый	светло-желтый
запах	характерный для молочной сыворотки, молочный, без посторонних запахов	характерный для молочной сыворотки, молочный, без посторонних запахов
вкус	характерный для молочной сыворотки, сладковатый, без посторонних привкусов	характерный для молочной сыворотки, кисловатый, без посторонних привкусов

Примеры модельных образцов, взятых для исследования, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Модельные образцы, взятые для исследования

Table 3

Model samples selected for the investigation

Вид исходного сырья	Подсырная сыворотка						Творожная сыворотка					
	Количество вносимого фермента на 1 литр сыворотки, г	0,5		1,0		1,5		0,5		1,0		1,5
Температура выдержки, °С	37		37		37		37		37		37	
Время выдержки, час	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0	3,5	4,0

Технологический процесс получения безлактозного альбумина из молочной сыворотки представлен на рисунке 3.

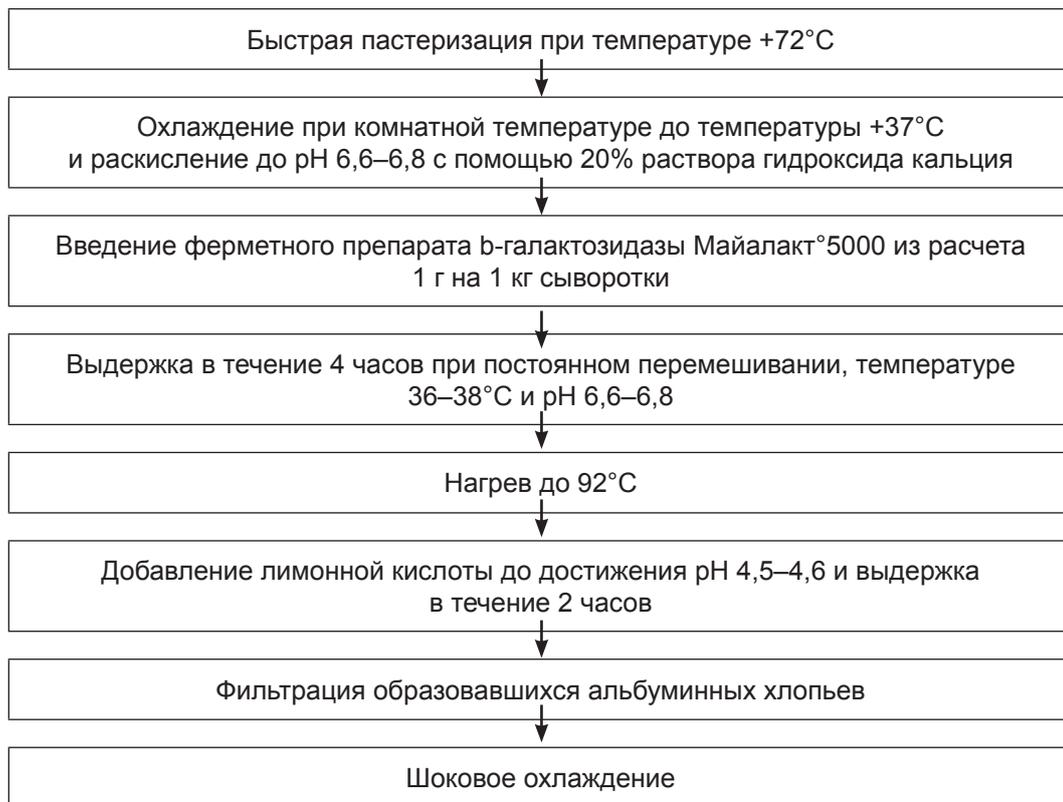


Рис. 3. Технология получения безлактозного альбумина из молочной сыворотки

Fig. 3. Technology for the production of lactose-free albumin from whey

Количество получившегося безлактозного альбумина на выходе составило для подсырной сыворотки 41%, для творожной сыворотки – 35% (выход из расчета на 1 л исходной сыворотки).

По органолептическим показателям существенных различий не установлено. Внешний вид – пастообразная масса, консистенция – нежная, мажущая, цвет альбумина из подсырной сыворотки – белый,

слегка с кремовым оттенком, равномерный, альбумина из творожной сыворотки – белый, равномерный, запах – характерный для альбумина, без посторонних запахов, вкус – характерный для альбумина, слегка сладковатый, без посторонних привкусов.

Физико-химические показатели полученного альбумина представлены в таблице 4, микробиологические показатели – в таблице 5.

Таблица 4

**Физико-химические показатели полученного безлактозного альбумина**

Table 4

**Physico-chemical parameters of the obtained lactose-free albumin**

Показатель	Безлактозный альбумин	
	из подсырной сыворотки	из творожной сыворотки
Содержание сухих веществ, %	15,5	15,3
Содержание белка, %	8,4	9,0
Содержание жира, %	0,9	0,7
Титруемая кислотность, см <sup>3</sup> гидроокиси натрия концентрацией 1 моль/дм <sup>3</sup>	80	80
Активная кислотность, ед. рН	4,5	4,5

Таблица 5

**Микробиологические показатели полученного безлактозного альбумина**

Table 5

**Microbiological parameters of the obtained lactose-free albumin**

Показатель	Безлактозный альбумин	
	из подсырной сыворотки	из творожной сыворотки
КМАФАнМ*, КОЕ/см (г)	1 x 10	1 x 10
БГКП	не обнаружены	не обнаружены
Патогенные, в том числе сальмонеллы	не обнаружены	не обнаружены
Стафилококки S.aureus	не обнаружены	не обнаружены
Дрожжи, КОЕ/см (г)	2	2
Плесени, КОЕ/см (г)	0	0

**Выводы.** Проанализирован рынок безлактозных молочных продуктов в Российской Федерации и ассортимент, кото-

рый представлен в городе Екатеринбурге Свердловской области.

Приведены исследования параметров

температуры, продолжительности, количества вносимого фермента  $\beta$ -галактозидазы для получения безлактозного молочного продукта с наибольшим выходом по массе и наилучшими органолептическими показателями, исходя из фактических технологических отработок.

Разработана технология получения безлактозного альбумина из свежей молочной сыворотки, полученной после производства сыра или творога, с использованием технологии ферментативного гидролиза, включающая: гидролиз лактозы ферментным препаратом  $\beta$ -галактозидазой Mayalact® 5000. Оптимальные условия: выдержка в течении 4 часов при постоянном перемешивании, температуре 36–38°C и рН 6,6–6,8, последующий нагрев до 92°C, добавление лимонной кислоты до достижения рН

4,5–4,6 и выдержка в течении 2 часов, фильтрация образовавшихся альбуминовых хлопьев, шоковое охлаждение.

Для уменьшения развития микробиологической обсемененности в процессе выдержки свежей сыворотки вместе с ферментом необходимо провести в самом начале этап быстрой пастеризации при температуре + 72°C продолжительностью 20 секунд.

Исследованы органолептические, физико-химические и микробиологические показатели качества и безопасности полученного безлактозного альбумина.

Полученный безлактозный альбумин может найти широкое применение для изготовления безлактозных изделий и блюд, например, заменить творог в творожных запеканках, так как имеет похожие органолептические показатели.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мохаммед Эль Амине Хелеф и др. Безлактозные молочные продукты: перспективы производства. Новые технологии. 2022; 18(3): 94-105.
2. Богданова Н.М. Лактазная недостаточность и непереносимость лактозы: основные факторы развития и принципы диетотерапии. Медицина: теория и практика. 2020; 5(1): 62-70.
3. Dekker P.J.T., Koenders D., Bruins M.J. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. Nutrients. 2019; 11: 551.
4. Li A., Zheng J., Han X. et al. Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production. Foods 2023; 12: 2553.
5. Букуру Л.К., Скворцов Е.В., Багаева Т.В. и др. Эффективность применения  $\beta$ -галактозидазы для получения низколактозного напитка на основе молочной сыворотки. Вестник технологического университета. 2017; 20(13): 117-119.
6. Минин П.С., Тимкин В.А. Технология производства безлактозного молока с применением баромембранных процессов. Переработка молока. 2019; 12(242): 52-53.
7. Газдиева М.Х. Непереносимость лактозы. Безлактозное молоко. Молодежь и наука. 2023; 4.
8. Медведев А.А., Пелеганчук Ю.А., Кольтюгина О.В. и др. Математическая обработка результатов оценки действия  $\beta$ -галактазидазы на гидролиз лактозы в молоке. Ползуновский вестник. 2023; 3: 163-169.
9. Молочный комбинат Ставропольский [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mokostav.com>, свободный.
10. Агропромышленный комплекс братьев Чебурашкиных [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cheburashkini.ru>, свободный.
11. Сайт группы компаний Valio [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.valio.com/ge/ru/>, свободный.

12. Сайт бренда Parmalat [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.parmalat.ru>, свободный.
13. Сайт группы компаний ГК «Лосево» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.shp-losevo.ru>, свободный.
14. Рождественская Л.Н. Перспективы нутриентного профилирования для профилактики заболеваний и укрепления здоровья. Индустрия питания. 2023; 8(2): 63-72.
15. Мажаева Т.В., Дубенко С.Э. Стратегия нутриетивной поддержки при организации питания детей дошкольного возраста с пищевой непереносимостью. Индустрия питания|Food Industry. 2023; 8(2): 31-41.
16. Химия пищевых продуктов: научное издание / сост. Ш. Дамодаран, К.Л. Паркин, О.Р. Феннема. СПб.: Профессия; 2012.
17. ГОСТ 34352-2017. Сыворо́тка молочная – сырье. Технические условия. – М.: Стандартинформ; 2018.
18. Сайт производителя ферментного препарата β-галактозидазы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mayasan.com/en/>
19. ГОСТ 3626-73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200021586?marker=7DI0KA&section=text/>, свободный.
20. ГОСТ Р 53951-2010. Продукты молочные, молочные составные и молокосодержащие. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля. М.: Стандартинформ; 2011.
21. ГОСТ 5867-90. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартинформ, 2009.
22. ГОСТ Р 54667-2011. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения массовой доли сахаров. М.: Стандартинформ; 2012.
23. ГОСТ 23901-204. Молоко и молочная продукция. Методы микробиологического анализа. М.: Стандартинформ; 2019.
24. Гетманец В.Н. Переработка молочной сыворотки в альбумин молочный. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013; 4(102): 078-079.

## REFERENCES:

1. Mohammed El Amine Khelef et al. Lactose-free dairy products: production prospects. New technologies. 2022; 18(3): 94-105.
2. Bogdanova N.M. Lactase deficiency and lactose intolerance: main development factors and principles of diet therapy. Medicine: theory and practice. 2020; 5(1): 62-70. (In Russ).
3. Dekker P.J.T., Koenders, D., Bruins, M.J. Lactose-Free Dairy Products: Market Developments, Production, Nutrition and Health Benefits. Nutrients. 2019; 11: 551.
4. Li, A., Zheng, J., Han X. et al. Advances in Low-Lactose/Lactose-Free Dairy Products and Their Production. Foods 2023; 12: 2553.
5. Bukuru L.K., Skvortsov E.V., Bagaeva T.V. et al. The effectiveness of using β-galactosidase to obtain a low-lactose drink based on whey. Bulletin of the Technological University. 2017; 20(13): 117-119. (In Russ).
6. Minin P.S., Timkin V.A. Technology for the production of lactose-free milk using baro-membrane processes. Milk processing. 2019; 12(242): 52-53. (In Russ).
7. Gazdieva M.Kh. Lactose intolerance. Lactose-free milk. Youth and science. 2023; 4. (In Russ).

8. Medvedev A.A., Peleganchuk Yu.A., Koltyugina O.V. et al. Mathematical processing of the results of assessing the effect of  $\beta$ -galactosidase on the hydrolysis of lactose in milk. *Polzunovsky Bulletin*. 2023; 3: 163-169. (In Russ).
9. Stavropol Dairy Plant [Electronic resource]. Access mode: <https://mokostav.com>, free. (In Russ).
10. Agro-industrial complex of the Cheburashkin brothers [Electronic resource]. Access mode: <https://cheburashkini.ru>, free.
11. Website of the Valio group of companies [Electronic resource]. Access mode: <https://www.valio.com/ge/ru/>, free.
12. Parmalat brand website [Electronic resource]. Access mode: <https://www.parmalat.ru>, free.
13. Website of the Losevo group of companies [Electronic resource]. Access mode: <https://www.shp-losevo.ru>, free.
14. Rozhdestvenskaya L.N. Prospects for nutrient profiling for disease prevention and health promotion. *Food industry*. 2023; 8(2): 63-72. (In Russ).
15. Mazhaeva T.V., Dubenko S.E. Strategy for nutritional support when organizing nutrition for preschool children with food intolerance. *Food Industry*. 2023; 8(2): 31-41. (In Russ).
16. Chemistry of food products: scientific publication / comp. by S. Damodaran, K.L. Parkin, O.R. Fennema. SPb.: Profession; 2012. (In Russ).
17. GOST 34352-2017. Whey is a raw material. Technical conditions. M.: Standardinform; 2018. (In Russ).
18. Website of the manufacturer of the enzyme preparation  $\beta$ -galactosidase. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.mayasan.com/en/>
19. GOST 3626-73. Milk and dairy products. Methods for determining moisture and dry matter. [Electronic resource]. Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200021586?marker=7DI0KA&section=text/>, free.
20. GOST R 53951-2010. Dairy products, dairy products and milk-containing products. Determination of the mass fraction of protein by the Kjeldahl method. M.: Standardinform; 2011. (In Russ).
21. GOST 5867-90. Milk and dairy products. Methods for determining fat. M.: Standartinform, 2009. (In Russ).
22. GOST R 54667-2011. Milk and milk processing products. Methods for determining the mass fraction of sugars. M.: Standardinform; 2012. (In Russ).
23. GOST 23901-204. Milk and dairy products. Methods of microbiological analysis. M.: Standardinform; 2019. (In Russ).
24. Getmanets V.N. Processing whey into milk albumin. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2013; 4(102): 078-079. (In Russ).

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Алексей Владимирович Вернер**, аспирант, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»  
[werneralexey@mail.ru](mailto:werneralexey@mail.ru)  
+7 (953) 822 78 36

**Alexey V. Werner**, Postgraduate student, FSBEI HE «Ural State Economic University»  
[werneralexey@mail.ru](mailto:werneralexey@mail.ru)  
+7 (953) 822 78 36

**Дмитрий Валерьевич Гращенко**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ

**Dmitry V. Grashchenkov**, PhD (Engineering), Associate professor FSBEI HE

ВО «Уральский государственный экономический университет»  
1@edtd.ru  
тел.: +7 (343) 290 31 88

«Ural State Economic University»  
1@edtd.ru,  
+7 (343) 290 31 88

**Ольга Викторовна Чугунова**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»  
chugunova@usue.ru

**Olga V. Chugunova**, Dr Sci. (Engineering), Professor, FSBEI HE «Ural State Economic University»  
chugunova@usue.ru

---

Поступила в редакцию 25.03.2024; поступила после рецензирования 24.04.2024; принята к публикации 26.04.2024

Received 25.03.2024; Revised 26.04.2024; Accepted 27.04.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-49-56>

УДК 663.674 : 664.84/85

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Влияние плодовоовощной смеси на органолептические показатели сорбета

Елена Н. Ефремова\*, Оксана А. Суторма, Данила Д. Хорошилов,  
Ксения А. Амбросова

*ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»;  
ул. Университетский проспект, г. Волгоград, 26400002, Российская Федерация*

**Аннотация.** В настоящее время качество школьного питания занимает основное место удовлетворенности родителями школьников. Расширение ассортимента питания гипоаллергенными продуктами является актуальной проблемой. В нашей работе в качестве объекта исследования использовали сорбет. В основу опытного образца сорбета использовали плодовоовощные культуры. Кабачок, зеленое яблоко и белая смородина подобраны в качестве основных ингредиентов сорбета с учетом рекомендаций неспецифической гипоаллергенной диеты. Цель работы: разработать рецептуру и провести органолептическую оценку десерта на основе кабачка, яблока и смородины. Задача: провести органолептическую оценку сорбета опытного образца. Исследование органолептических показателей проводили в соответствии с ГОСТ 31986-2012 «Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания». Пробные партии десерта исследовались на базе ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» на кафедре технологий перерабатывающих и пищевых производств. По органолептическим показателям новый продукт соответствовал всем техническим требованиям. Внешний вид сорбета – однослойный десерт в виде шарика без глазури, с зеленью мяты в качестве декора. Консистенция плотная. Вкус чистый, характерный для яблока и смородины, без посторонних привкусов и запахов. Цвет светло-зеленый, равномерный по всей массе. Образец продукции соответствует требованиям ГОСТ Р 55624-2013 «Десерты взбитые замороженные фруктовые, овощные и фруктово-овощные. Технические условия». Была проведена дегустационная оценка сорбета. По среднеарифметическому значению общая оценка опытного образца составила наивысший балл. Использование в сочетании кабачка, зеленого яблока и белой смородины при производстве сорбета не понижает критерии качества данного десерта.

**Ключевые слова:** сорбет, кабачок, гипоаллергенные продукты, детское питание, витамины, органолептические показатели, дегустация

*Для цитирования:* Ефремова Е.Н., Суторма О.А., Хорошилов Д.Д. Влияние плодовоовощной смеси на органолептические показатели сорбета. Новые технологии / New technologies. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-49-56>

## The influence of fruit and vegetable mixtures on the organoleptic properties of sorbets

Elena N. Efremova\*, Oksana A. Sutorma, Danila D. Khoroshilov,  
Ksenia A. Ambrosova\*

FSBEI HE «Volgograd State Agrarian University»; University Avenue, Volgograd  
26400002, the Russian Federation

**Abstract.** Currently, the quality of school meals plays important role for the parents of schoolchildren. Expanding the range of food with hypoallergenic products is an urgent problem. In our research sorbet was used as a research object. Fruit and vegetable crops were used as the basis for the sorbet prototype. Zucchini, green apple and white currant were selected as the main ingredients of sorbets, taking into account the recommendations of a non-specific hypoallergenic diet. The goal of the research was to develop a recipe and conduct an organoleptic evaluation of a dessert based on zucchini, apples and currants. The task was to conduct an organoleptic evaluation of the prototype sorbet. The study of organoleptic indicators was carried out in accordance with GOST 31986-2012 «Catering services. Method of organoleptic assessment of the quality of public catering products». Test batches of the dessert were carried out at the Volgograd State Agrarian University at the Department of Processing and Food Production Technologies. In terms of organoleptic indicators, the new product met all technical requirements. The appearance of sorbet, a single-layer dessert in the form of a ball without glaze, decorated with mint greens. The consistency was dense. The taste was clean, characteristic of apple and currant, without any foreign tastes or odors. The color was light green, uniform throughout the mass. The product sample met the requirements of GOST R 55624-2013 «Whipped frozen fruit, vegetable and fruit-vegetable desserts. Technical conditions». A tasting evaluation of the sorbet was carried out. Employing the arithmetic mean value, the overall rating of the prototype was the highest. The use of zucchini, green apple and white currant in combination in the production of sorbet has not reduced the quality criteria of this dessert.

**Keywords:** sorbets, zucchini, hypoallergenic products, baby food, vitamins, organoleptic properties, tasting

**For citation:** Efremova E.N., Sutorma O.A., Khoroshilov D.D. *The influence of fruit and vegetable mixtures on the organoleptic properties of sorbets. Novye tehnologii / New technologies.* 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-49-56>

**Введение.** Десертами принято называть блюда, не являющиеся основными в меню предприятия общественного питания.

Тема детских десертов является актуальной, так как многие дети предпочитают употреблять сладости как в течение нескольких суточных приемов пищи, так и во время перекусов. Различные виды сладостей не всегда полезны для детского здоровья [1, 2].

Полезными свойствами для развития детского организма обладают продукты на основе натуральных фруктов и овощей. У детей младшего возраста аллергические заболевания начинаются с появления симптомов аллергии на пищевые продукты, в частности на фрукты и ягоды [3, 4, 5].

Это объясняется возрастными особенностями строения и функционирования пищеварительной системы ребенка, а также спецификой его иммунитета и

еще несформированной микрофлорой кишечника. Являться аллергеном может любой пищевой продукт. Для детей младшего, среднего и подросткового возраста наиболее значимыми аллергенами среди фруктов являются цитрусовые – до 40%, другие фрукты и овощи – по 20% [6, 7, 8].

По мнению педиатров, частой причиной аллергии у детей являются экзотические фрукты, которые импортируются в нашу страну из тропических и субтропических регионов.

Чтобы доставить их в целости, плоды часто собирают недозревшими и обрабатывают специальными веществами, предотвращающими порчу при транспортировке. Для обработки плодов и ягод применяют дифенил, метабисульфит калия, метилбромид, парафин, воск и сорбиновую кислоту.

По применяемым технологиям сохранности плодоовощного сырья недозревшие фрукты искусственно дозревают уже по прибытии в Россию. Тропические плоды помещают в камеры, обрабатывают «банановым газом». При температуре 18°C и максимальной влажности в камеру запускают смесь азота и этилена.

В обоих случаях употребление таких плодов является причиной серьезных аллергических реакций [9].

Отличным решением вышеперечисленных проблем является применение в рецептурах сладких десертов для детей локальной плодоовощной продукции.

Наиболее полезными для детского здоровья считаются сезонные овощи и фрукты.

Современный плодоовощной сорбет – это полезный и вкусный десерт, приготовленный на основе фруктового и овощного сока или пюре, подслащенный сахаром, медом или сиропом. После смешивания продуктов сорбет замораживается с применением фризера. Готовый к употреблению сорбет имеет легкую, воздушную текстуру. Данный десерт вырабатывается предприятиями индустрии питания и является одной из позиций детского меню ресторана или кафе [2, 10].

**Методы исследования. Цель работы:** разработать рецептуру и провести органолептическую оценку десерта на основе кабачка, яблока и смородины.

**Задача:** провести органолептическую оценку сорбета опытного образца.

Оценку органолептических показателей проводили согласно ГОСТ 5897-90 «Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей» [11].

На базе ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ» была проведена выработка пробной партии десерта с применением кабачка, зеленого яблока и белой смородины.

**Объект исследования:** десерт сорбет на основе кабачка, зеленого яблока и белой смородины.

**Результаты:** основным сырьем для фруктового сорбета является свежая вишня. Перечень сырья для приготовления сорбета по традиционной рецептуре (контрольный образец) представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Перечень сырья для приготовления сорбета по традиционной рецептуре**

Table 1

**List of raw materials for preparing sorbet according to traditional recipes**

Сырье	ГОСТ на используемое сырье
Вишня	ГОСТ 33801-2016 Вишня и черешня свежие
Сахар-песок	ГОСТ 33222-2015 Сахар белый
Вода питьевая	ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая

В таблице 2 представлена рецептура контрольного образца.

Таблица 2

**Рецептура сорбета (контрольный образец)**

Наименование сырья	Затраты на 1кг готового изделия	
	Масса брутто (г)	Масса нетто (г)
Вишня	684	650
Сахар-песок	180	180
Вода	170	170
Выход:		1000

Table 2

**Sorbet recipe (a control sample)**

Технологический процесс приготовления контрольного образца сорбета состоит из нескольких этапов. Перебранную и промытую свежую вишню заливают водой и варят в течение 5–10 мин. Затем отвар сливают, вишни протирают, предварительно удалив косточки. В отвар добавляют сахар, соединяют с протертыми плодами, доводят до кипения и охлаждают. Полученную смесь помещают в емкость фризера на 60 минут при температуре  $-25^{\circ}\text{C}$ .

В процессе изучения органолептических и физико-химических показателей локальной плодоовощной продукции в рецептуру опытного образца сорбета включили кабачок, яблоко, белую смородину. Кабачок, яблоки зеленых сортов, белая смородина возглавляют список гипоаллергенных продуктов для детского питания.

Кабачок является гипоаллергенным, низкосахаристым овощем, с высоким

содержанием пектина и источником витаминов В, Е, РР, Н, А, С, калия, фосфора, кальция, железа и магния. Содержание вышеперечисленных витаминов невысокое, но благодаря минимальной термической обработке молодого кабачка полезные вещества практически не разрушаются.

Яблоки свежие зеленых сортов, культивируемые на территории Волгоградской области, характеризуется низкими аллергенными свойствами и хорошей переносимостью. Фрукты богаты витаминами группы В и С, содержат органические кислоты, ферменты и важные микроэлементы: калий, медь, цинк, железо.

Сорта белой смородины богаты антиоксидантами, витаминами группы В и фитостеролами.

Перечень сырья для приготовления опытного образца сорбета представлен в таблице 3.

Таблица 3

**Перечень сырья для приготовления сорбета по традиционной рецептуре**

Сырье	ГОСТ на используемое сырье
Кабачок свежий	ГОСТ 31822-2012 Кабачки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия
Яблоко свежее	ГОСТ 34314-2017 Яблоки свежие, реализуемые в розничной торговле. Технические условия
Белая смородина свежая	ГОСТ 33954-2016 Смородина красная и белая свежая. Технические условия
Вода питьевая	ГОСТ Р 51232-98 Вода питьевая

Table 3

**List of raw materials for preparing sorbet according to traditional recipes**

В таблице 4 представлена рецептура опытного образца сорбета.

Рецептура сорбета (опытный образец)

Таблица 4

Sorbet recipe (a test sample)

Table 4

Наименование сырья	Затраты на 1кг готового изделия	
	Масса брутто (г)	Масса нетто (г)
Кабачок свежий	400	360
Яблоко свежее	370	300
Смородина белая	200	165
Сахар тростниковый	80	80
Вода	100	75
Листья мяты для декора	20	20
Выход:		1000

Технологический процесс приготовления опытного образца сорбета включает получение пюре из кабачка, свежих яблок зеленых сортов и белой смородины. На основе тростникового сахара и воды готовится сироп. Полученное пюре и сахарный сироп тщательно взбиваются и подвергаются термической обработке. Масса нагревается и варится в течении 7–10 минут. Смесь охлаждают в камере шоковой заморозки

до 20°C и помещают в чашу фризера на 60 минут при температуре -25°C. После приготовления сорбет фасуют в пластиковые контейнеры и помещают в морозильную камеру. Срок хранения сорбета 180 суток, при температуре -18°C – 20°C. При подаче температуру сорбета рекомендуется повысить, в идеале – до -12°C. Подается сорбет в форме шариков в удлиненной креманке, с декором из листьев зелени мяты.

Органолептические показатели сорбета

Таблица 5

Organoleptic characteristics of sorbet

Table 5

Наименование показателя	Требования ГОСТ Р 55624-2013 «Десерты взбитые замороженные фруктовые, овощные и фруктово-овощные. Технические условия»	Контрольный образец	Опытный образец
Внешний вид	Порции однослойного или многослойного десерта различной формы, обусловленной геометрией формующего устройства, полностью или частично покрытые глазурью (шоколадом) или без глазури (шоколада).	Однослойный десерт в виде шарика без глазури	Однослойный десерт в виде шарика без глазури с декором – зеленью мяты
Консистенция	Плотная	Плотная	Плотная
Вкус и запах	Чистые, характерные для соответствующего вида, без посторонних привкусов и запахов	Чистые, характерные для вишни, без посторонних привкусов и запахов	Чистые, характерные для яблока и смородины, без посторонних привкусов и запахов
Цвет	Равномерный по всей массе продукта, соответствующий виду десерта	Темно-розовый. Равномерный по всей массе	Светло-зеленый. Равномерный по всей массе

Органолептические показатели контрольного и опытного образцов соответствуют требованиям ГОСТ Р 55624-2013 «Десерты взбитые замороженные фруктовые, овощные и фруктово-овощные. Технические условия».

Установление критериев качества десертов проведена группой дегустаторов в соответствии с ГОСТ 31986- 2012.

Результаты органолептической оценки представлены в таблице 6.

Таблица 6

**Балльная оценка сорбета**

Table 6

**Point assessment of sorbet**

Наименование показателя	Контрольный образец	Опытный образец
Внешний вид	5.0	5.0
Консистенция	5.0	5.0
Вкус и запах	5.0	5.0
Цвет	5.0	5.0
Итого (баллов)	5.0	5.0

Общая оценка качества анализируемых десертов рассчитывалась как среднее арифметическое значение оценок всех дегустаторов, принимавших участие в обсуждении результатов, с точностью до первого знака после запятой.

**Заключение.** По результатам установления критериев качества контрольного и опытного образца оценка составила 5,0 баллов, что соответствует блюдам (изделиям, полуфабрикатам) без недостатков.

Органолептические показатели образцов строго соответствуют требованиям нормативных и технических документов, что немаловажно для продукции, рекомендованной для детей.

Таким образом, можно утверждать, что применение в рецептуре сорбета из кабачка, яблок зеленых сортов и белой смородины не снижает критерии качества десерта, рекомендованного для детского меню для детей старше трех лет.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Суторма О.А., Данилова Е.Е., Быкадорова М.С. и др. Рынок общественного питания города Волгограда. Актуальные проблемы, технологии и инновации в образовании и науке: сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции. Волгоградский кооперативный институт (филиал) Российского университета кооперации. 2018: 168-171.
2. Терехова А.А., Сидоренко Ю.И. Совершенствование технологии производства молочного сорбета с пониженным содержанием углеводов. Вестник ВСГУТУ. 2020; 4: 53-58.
3. Петров Н.Ю., Головин А.В., Ефремова Е.Н. Инновационная система семеноводства как фактор развития овощеводства юга России. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014; 4(36): 63-68.
4. Ходырева З.Р., Щетинин М.П., Вайтанис М.А. и др. Исследование потребительских свойств замороженных десертов. Ползуновский вестник. 2016; 3: 44-48.
5. Хасыев С.С. Исследование ассортимента мороженого. Экономическая среда. 2017; 1: 104-107.

6. Рожкова М.Н. Десерты на основе растительного сырья. Молодой ученый. 2022; 1(396): 292-294.
7. Некрасова С.О., Комаров А.В. Разработка рецептуры и технологии производства десертов функционального назначения с использованием плодов облепихи. Новые технологии / New technologies. 2021; 17(1): 56-63.
8. Щетинин М.П., Ходырева З.Р. Научно-гигиенические подходы к разработке замороженного десерта. Вопросы питания. 2018; 87(3): 72-78.
9. Борисова О.В., Хропатая И.Ю. Развитие рынка ягод как фактор обеспечения продовольственной безопасности региона. Фундаментальные исследования. 2015; 2-19: 4239-4243.
10. Маюрникова Л.А., Позняковский В.М., Суханов Б.П. и др. Экспертиза специализированных пищевых продуктов. Качество и безопасность. СПб.: ГИОРД; 2016.
11. ГОСТ 5897-90 Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. М.: Стандартинформ; 2012.

#### REFERENCES:

1. Sutorma O.A., Danilova E.E., Bykadorova M.S. et al. Public catering market of the city of Volgograd. Current problems, technologies and innovations in education and science: a collection of scientific articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd Cooperative Institute (a branch) of the Russian University of Cooperation. 2018: 168-171. (In Russ).
2. Terekhova A.A., Sidorenko Yu.I. Improving the production technology of milk sorbet with low carbohydrate content. VSGUTU Bulletin. 2020; 4: 53-58. (In Russ).
3. Petrov N.Yu., Golovin A.V., Efremova E.N. Innovative seed production system as a factor in the development of vegetable growing in the south of Russia. News of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: science and higher professional education. 2014; 4(36): 63-68. (In Russ.)
4. Khodyreva Z.R., Shchetinin M.P., Vaitanis M.A. et al. Research of consumer properties of frozen desserts. Polzunovsky Bulletin. 2016; 3: 44-48. (In Russ).
5. Khasyev S.S. Ice cream assortment research. Economic environment. 2017; 1: 104-107. (In Russ).
6. Rozhkova M.N. Desserts based on plant materials. Young scientist. 2022; 1(396): 292-294. (In Russian)
7. Nekrasova S.O., Komarov A.V. Development of recipes and technology for the production of functional desserts using sea buckthorn fruits. New technologies / New technologies. 2021; 17(1): 56-63. (In Russ).
8. Shchetinin M.P., Khodyreva, Z.R. Scientific and hygienic approaches to the development of frozen desserts. Nutrition issues. 2018; 87(3): 72-78. (In Russ).
9. Borisova O.V., Khropataya I.Yu. Development of the berry market as a factor in ensuring food security in the region. Basic research. 2015; 2-19: 4239-4243. (In Russ).
10. Mayurnikova L.A., Poznyakovsky V.M., Sukhanov B.P. et al. Examination of specialized food products. Quality and safety. SPb.: GIORД; 2016. (In Russ).
11. GOST 5897-90 Confectionery products. Methods for determining organoleptic quality indicators, sizes, net weight and components. M.: Standardinform; 2012. (In Russ).

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Елена Николаевна Ефремова**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, зав. кафедрой технологий переработки и экспертизы товаров, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Elenalob@rambler.ru

тел.: +7 (917) 720 27 70

**Elena N. Efremova**, Dr Sci. (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department of Processing Technologies and Expertise of Goods, FSBEI HE «Volograd State Agrarian University»

Elenalob@rambler.ru

tel.: +7 (917) 720 27 70

**Оксана Александровна Суторма**, доктор биологических наук, профессор кафедры технологий перерабатывающих и пищевых систем, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

ehfkmcr1985@mail.ru

тел.: +7 (904) 775 99 80

**Oksana A. Sutorma**, Dr Sci. (Biology), Professor, the Department of Processing and Food Systems Technologies, FSBEI HE «Volograd State Agrarian University»

ehfkmcr1985@mail.ru

tel.: +7 (904) 775 99 80

**Данила Дмитриевич Хорошилов**, студент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Daroslav04@ya.ru

тел.: +7 (961) 671 31 93

**Danila D. Khoroshilov**, Student, FSBEI HE «Volograd State Agrarian University»

Daroslav04@ya.ru

tel.: +7 (961) 671 31 93

**Ксения Александровна Амбросова**, студент, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет»

Kseniaambrosova5@gmail.com

**Ksenia A. Ambrosova**, Student, FSBEI HE «Volograd State Agrarian University»

Kseniaambrosova5@gmail.com

#### **Заявленный вклад соавторов**

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

#### **Claimed contribution of co-authors**

All authors of this research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of this article have read and approved the final version submitted

Поступила в редакцию 26.02.2024; поступила после рецензирования 17.04.2024; принята к публикации 18.04.2024

Received 26.02.2024; Revised 17.04.2024; Accepted 18.04.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-57-68>  
УДК 338.439.4:641.1:574.523  
© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Обоснование разработки инновационного продукта с добавлением гидробионтов в рамках вызовов Esg-повестки

Милана В. Закоптелова\*, Юлия С. Бойцова

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»;  
ул. Саблинская, 14, 197198, г. Санкт-Петербург, Россия

**Аннотация.** На сегодняшний день индустрия питания должна соответствовать глобальным вызовам, которые стоят перед нами. К первому можно отнести голод. Население продолжает расти, необходимо удовлетворять потребности в питании, повышая финансирование на развитие аграрных районов и внедряя устойчивые методы развития в сегмент сельского и рыбного хозяйства. Второй вызов – это экология. Foodtech-индустрия не может не влиять на все процессы, происходящие на нашей планете. К третьему можно отнести здоровье населения. Для того чтобы прокормить всех граждан страны, производители продуктов питания зачастую пренебрегают здоровьем общества, снижая качество производимых продуктов. Еще один вызов вытекающий из предыдущего – это ожирение. По итогам 2022 года в России было зафиксировано более 2 миллионов человек, имеющих диагноз «ожирение», 109 тысяч из которых – это дети до 14 лет [1,2].

Целью работы являлось разработка рецептуры и технологии снекинговой продукции с повышенным содержанием белка и пониженным количеством жиров. В ходе работы был обоснован ингредиентный состав разрабатываемого продукта, подобраны технологические параметры, составлена технологическая схема и рассчитана пищевая ценность. Содержание белка в готовом изделии составило 29,7 г на 100 г готового продукта. Товар позволит решить точно два глобальных вызова, а внедрение в рецептуру гидробионтов и растительного белка – соевого изолята – способствует улучшению сбалансированности белков, жиров и углеводов (БЖУ) готового изделия. Вместе с тем комбинация растительного и рыбного сырья предоставит возможность к запуску новой подкатегории снекинговой продукции и расширит ассортимент здоровых перекусов.

**Ключевые слова:** ESG-повестка, устойчивое развитие, белковые снеки, рецептура, технология, кальмар, фукус, соевый изолят

**Для цитирования:** Закоптелова М.В., Бойцова Ю.С. Обоснование разработки инновационного продукта с добавлением гидробионтов в рамках вызовов Esg – повестки. *Новые технологии / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-57-68>

## Rationale for the development of an innovative product with the addition of hydrobionts within the framework of the ESG challenges

Milana V. Zakoptelova\*, Julia S. Boitsova

*Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «ITMO National Research University»; 14 Sablinskaya str., 197198, St. Petersburg, the Russian Federation*

**Abstract.** At present food industry must meet the global challenges that we face. The first one is hunger; the population continues to grow, it is necessary to meet nutritional needs by increasing funding for the development of agricultural areas and introducing sustainable development methods in agriculture and fishery segments. The second challenge is the environment. The foodtech industry cannot but influence all processes occurring on our planet. The third one is the health of the population. In order to feed all citizens of a state, food producers often neglect the health of society, reducing the quality of the products they produce. Another challenge arising from the previous one is obesity. At the end of 2022, more than 2 million people were diagnosed with obesity in Russia, 109 thousand of whom were diagnosed with this disease in children under 14 years of age [1,2].

The goal of the research was to develop a recipe and technology for snacking products with a high protein content and a reduced amount of fat. In the course of the research the ingredient composition of the product being developed was substantiated, technological parameters were selected, a technological diagram was drawn up, and the nutritional value was calculated. The protein content in the finished product was 29.7 g per 100 g of a finished product.

The product will allow us to solve two global challenges in a targeted manner. The introduction of aquatic organisms and vegetable protein – soy isolate – into the recipe helps to improve the balance of proteins, fats and carbohydrates (PFC) of the finished product. At the same time, the combination of plant and fish raw materials will provide an opportunity to launch a new subcategory of snacking products and expand the range of healthy snacks.

**Keywords:** ESG agenda, sustainable development, protein snacks, recipe, technology, squid, fucus, soy isolate

**For citation:** Zakoptelova M.V., Boytsova Yu.S. Rationale for the development of an innovative product with the addition of hydrobionts within the framework of the ESG challenges. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-57-68>

**Введение.** В настоящее время рынок продуктов питания имеет большую долю снекинг-категории, часть из которой – это ниша чипсов и сухариков. Доказано, что такой тип продуктов вызывает пищевую зависимость за счет избыточного добавления соли, усилителей вкуса и жиров, что в перспективе сказывается на здоровье человека, состоянии его кожи и ЖКТ. Кро-

ме того, по данным ВОЗ, в России наблюдается дефицит белка у 11,5% населения [3]. Это напрямую связано с отсутствием разнообразия рациона питания и повышенными ценами на мясные и рыбные продукты, составляющие основную долю источника белка в организме человека.

На сегодняшний день активно внедряется концепция устойчивого развития и

осуществляется переход к рациональным моделям потребления и производства [4], в связи с этим производители пищевых продуктов все больше обращают внимание на растительное и нетрадиционное белковое сырье, которое значительно дешевле животных продуктов питания и не уступает по своей биологической ценности, что делает его перспективным ингредиентом в производстве пищевых продуктов.

На основании вышеуказанных проблем проектной командой Университета ИТМО было принято решение провести качественное исследование группы из 100 человек разного пола, возраста, социального положения и дохода с целью определения пищевого поведения и актуальных потребностей населения. Благодаря глубокому анализу было выявлено желание людей питаться более здоровой едой и обезопасить свой организм от преждевременных физиологических проблем, но при этом большинство опрошенных боятся отказываться от нежелательных привычек в питании, среди которых частое потребление чипсов. Следует отметить, что чипсы и другие соленые снеки считаются наиболее популярным перекусом или закуской среди молодежи [5]. Частое употребление высококалорийных продуктов в качестве перекуса способствует повышению потребляемой энергии в день, что может привести к повышению массы тела и снижению питательных элементов в организме [6].

Таким образом, была поставлена цель – разработать технологию альтернативных снеков с повышенным содержанием белка, отвечающим органолептическим характеристикам традиционных картофельных чипсов.

В рамках данной работы поставлены следующие задачи:

1. Анализ литературных источников.

2. Анализ существующего рынка снековой продукции.

3. Выявление тенденций и трендов.

4. Разработка рецептуры и технологии.

5. Расчет пищевой и энергетической ценности.

6. Разработка рекомендаций и выводов.

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

Объектом исследования выступали снеки с повышенным количеством белка, без жарки в масле. В качестве белковых ингредиентов были использованы командорский кальмар и соевый изолят. Функциональные и органолептические свойства продукту обеспечила бурая водоросль – фукус.

Формирование образа продукта происходило по результатам маркетингового анализа рынка снекинг-категории и анализа потенциального потребителя, проведенного методом Customer Development (CustDev). Выборка опрошенных была сформирована посредством анкетирования и составляла 100 человек.

Для выполнения экспериментальной части исследования был применен комплексный подход к разработке продуктов питания, включающий обоснование ингредиентного состава, разработку рецептуры, разработку технологии получения экспериментальных образцов, выработку экспериментальных образцов и определение их пищевой и энергетической ценности расчетным методом.

**Результаты исследования.** Российский рынок снековой продукции вырос на 10,2% в денежном эквиваленте в период с 2020 на 2021 год на фоне пандемии и перехода на удаленную работу. Динамика увеличения наблюдается с 2019 года, тогда за аналогичный период рост составил 7,5% (рис. 1) [7].

Примечание. График составлен авторами на основании [7].

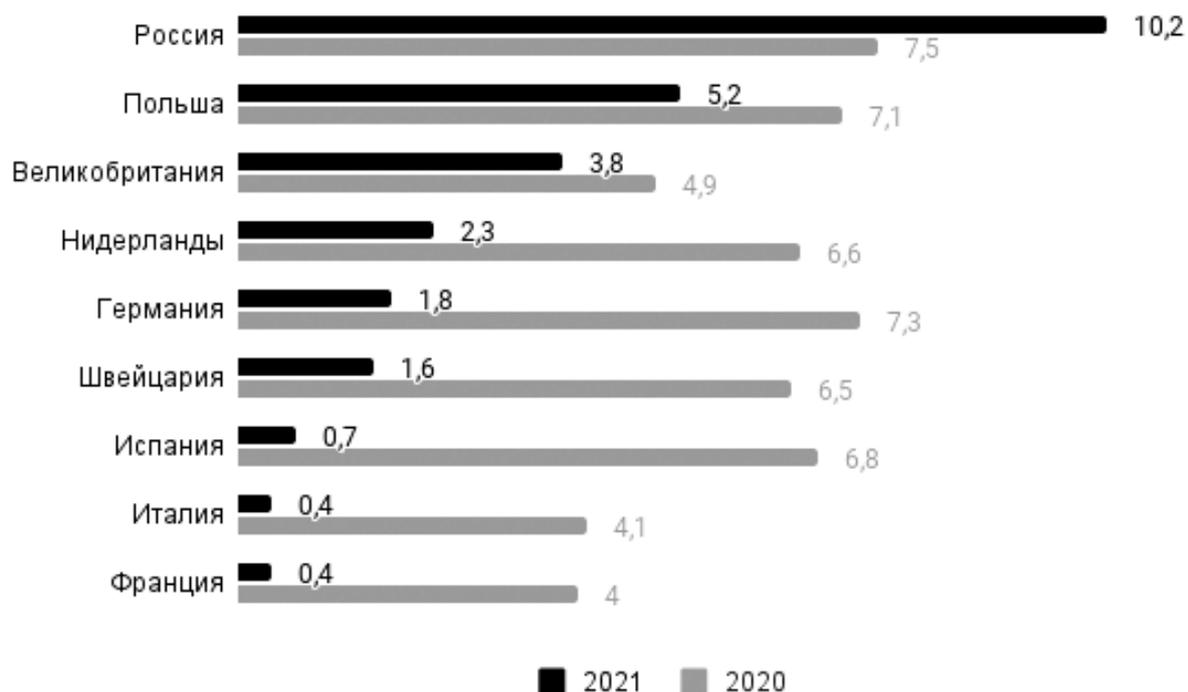


Рис. 1. Темпы роста денежных продаж в категории «снекинг» за 2021 г, в %

Fig. 1. Growth rate of cash sales in the snacking category for 2021, in %

К числу наиболее активно растущих категорий относятся чипсы. Классические чипсы – это обжаренные в растительном масле картофельные ломтики с добавлением соли, специй и пищевых добавок, таких как ароматизаторы, усилители вкуса и красители. Их отличает высокое содержание жиров и углеводов. Так, в среднем в 100 граммах чипсов 30 грамм жиров, что составляет 45–50% от суточного потребления взрослого человека [8]. Таким образом, люди, имеющие зависимость к употреблению чипсов, подвержены избыточному весу или ожирению. Кроме того, растительные масла, используемые при производстве чипсов, являются гидрогенизированными, то есть обработанные искусственным образом и превращенные в твердые жиры для более удобного хранения [9]. Подобного рода жиры могут стать причиной атеросклероза, инфаркта или инсульта, так как приводят к увеличению «плохого» холестерина в крови [10].

Существуют исследования о выделении акриламида в процессе жарки картофеля в масле. Акриламид обладает канцерогенными свойствами, способен оказывать негативное влияние на внутренние органы и системы человека [11]. Решить данную проблему можно, исключив этап обжарки из технологического процесса и заменив его на другие виды термической обработки, температура которых не превышает 120°C.

В ходе проведенного анализа аудитории и литературных источников, было принято решение разрабатывать продукт с повышенным содержанием белка, на основе картофеля, с добавлением гидробионтов и без обжарки в масле.

Гидробионты содержат значительное количество белков, низкое содержание жиров и углеводов, что делает их привлекательными к употреблению в ежедневном рационе.

В качестве морского сырья был выбран

замороженный командорский кальмар (лат. *Berryteuthis magister*). Он обладает высокими биологическими и пищевыми показателями, к минусам же относят его среднюю экономическую доступность. Командорский кальмар имеет белок качественного аминокислотного состава, в 100 граммах сырья содержится около 17 грамм нутриента, а содержание влаги в мясе составляет около 75%, что помогает добиться необходимой консистенции выработываемого продукта [12].

Однако, в связи со снижением покупательской способности, было принято решение снизить себестоимость пачки, за счет добавления чистого протеина – соевого изолята, что уменьшило сырьевую себестоимость почти на 10%, при этом продукт не потерял основное конкурентное преимущество – высокое содержание белка. В ходе экспериментов выяснилось, что нейтральный вкус соевого изолята снижает рыбную ароматику и вбирает в себя вкус и аромат добавляемых специй, повышая тем самым лояльность потребителей к выбору готовых чипсов.

В настоящее время устойчиво закрепился интерес к полезным продуктам питания и ингредиентам, которые оказывают благотворное влияние на здоровье человека. Кроме того, развивается тренд на ботанику: применение в пищевой промышленности и сегменте HoReCa микрозелени, цветов, водорослей, а также грибов [13]. Внедрение в рецептуру растительных компонентов увеличивает функциональность готовых изделий.

Таким образом, с целью повышения функциональных свойств продукта проектной командой был проведен анализ водно-биологических ресурсов и выбран рецептурный ингредиент – водоросль фукус (*Fucus*).

Водоросли неуклонно становятся ключевым игроком в мировом производстве продуктов питания: объем исследований и разработок новых морских водорослей увеличивается на 16,8% и 11% в год соот-

ветственно [14]. Растущие быстрее, чем наземные растения, морские водоросли поглощают и хранят окружающие питательные вещества в клеточной структуре. Даже при климатических изменениях водоросли адаптируют свой состав для оптимального фотосинтеза и выживания.

Например, водоросли приобретают из морской среды, в которой они живут, большое количество минеральных элементов и широко известны своим высоким содержанием минералов: от 8 до 40% сухого веса морских водорослей. Они являются источником таких основных минералов, как натрий, кальций, магний, калий, хлор, и микроэлементов: йод, железо, цинк, медь, селен, фтор [15].

Значение морских водорослей и их роль в развитии сельского хозяйства российской промышленностью недооцениваются. Выделить крупнейших игроков на рынке достаточно сложно из-за того, что производство морских водорослей в крупных российских рыболовных и рыбоперерабатывающих организациях зачастую занимает небольшую долю относительно всей производимой продукции. По прогнозам, в глобальном масштабе рынок морских водорослей вырастет до 24,92 миллиарда долларов в 2028 году при среднегодовом темпе роста в 7,51%, что делает его одним из самых перспективных продуктов в индустрии морепродуктов [16].

Применение фукуса является перспективным направлением сегодня, так как водоросль широко распространена на берегах атлантического океана северной стороны России, что делает его более доступным в качестве сырья за счет упрощенных логистических поставок. Средняя цена на водоросль вида ламинария в сушеном виде варьируется на оптовых порталах от 800 до 1500 руб./кг. Цены на водоросль фукус, в зависимости от состояния (порошковое, в нарезке), – от 656 до 2000 руб./кг [17]. Следовательно, рассматриваемая бурая водоросль обладает очевидным коммерческим потенциалом, при этом появляется

дополнительная возможность привлечь покупателя с помощью не широко известного вида водоросли.

В процессе разработок было установлено, что бурая водоросль фукус влияет на вкусоароматику и внешний вид продукта, придавая желто-коричневый оттенок чипсам. Данное технологическое решение позволяет исключить из рецептуры ароматизаторы и красители.

Особенности водоросли, которые следует учитывать при выборе водоросли фукус в качестве дополнительного ингредиента:

- Содержание йода в фукусе может превышать допустимые нормы. Оно может значительно варьироваться в зависимости от времени года, места сбора и условий выращивания. Например, содержание йода выше в водоросли, выращенной в прибрежных водах с более высоким уровнем загрязнения, чем в фукусе, выращенном в чистых водах. В связи с этим, определить точное содержание йода в фукусе может быть сложно, и необходимо проводить специальные анализы.

- Избыточное употребление фукуса может быть вредным, поскольку в водорослях находят следы тяжелых металлов и другие вредные вещества, которые имеют способность накапливаться в теле. При этом научно доказано, что арктический фукус является наименее токсичным представителем из существующих [18].

- Фукус имеет высокую влажность, поэтому при хранении необходимо соблюдать соответствующие условия. В высушенном виде продукт является довольно хрупким, поэтому наиболее оптимальным с точки зрения хранения и транспортировки является высушенный фукус в измельченном или порошкообразном состоянии.

- Возможны аллергические реакции у некоторых людей, поэтому важно правильно указывать на упаковке продукта информацию о его содержании.

В целом использование фукуса на производстве может придать продукту

уникальные вкусовые и питательные характеристики, но требует особого внимания и знаний, в особенности следует помнить о трудностях в определении содержания йода в конечном продукте. Кроме того, при выборе фукуса для производства продукта необходимо учитывать его консистенцию. Фукус обладает гелевыми свойствами, поэтому его стоит правильно обрабатывать и комбинировать с другими ингредиентами, чтобы достичь нужной текстуры готового изделия [19]. Для сокращения рисков, связанных со структурообразующими свойствами фукуса, вызванными водорослевыми альгинатами, можно использовать высушенную водоросль.

При необходимости альгинаты могут быть намеренно выделены из остаточных продуктов, что соответствует принципам безотходного производства и может стать дополнительным источником привлечения дохода при использовании фукуса в пищевой промышленности [20].

Технология производства экспериментальных образцов белковых снеков осуществлялась следующим образом: тушки кальмара подвергали размораживанию, разделыванию, обесшкуриванию и бланшированию, параллельно картофель отваривали до готовности и охлаждали. Сыпучие ингредиенты разводили в теплой воде до образования однородной смеси во избежание капсулирования. Подготовленные основные и предварительно обработанные сыпучие ингредиенты направляли в куттер для измельчения и составления гомогенного фарша. Готовой смесью начиняли формы. Далее направляли на шокковое замораживание в течение 70 минут. Замороженный полуфабрикат нарезают слайсами и направляли на сушку при температуре 70°C в течение 4 ч до достижения влажности продукта не более 10%. Полная технологическая схема представлена на рисунке 2.

Примечание. Схема составлена авторами.

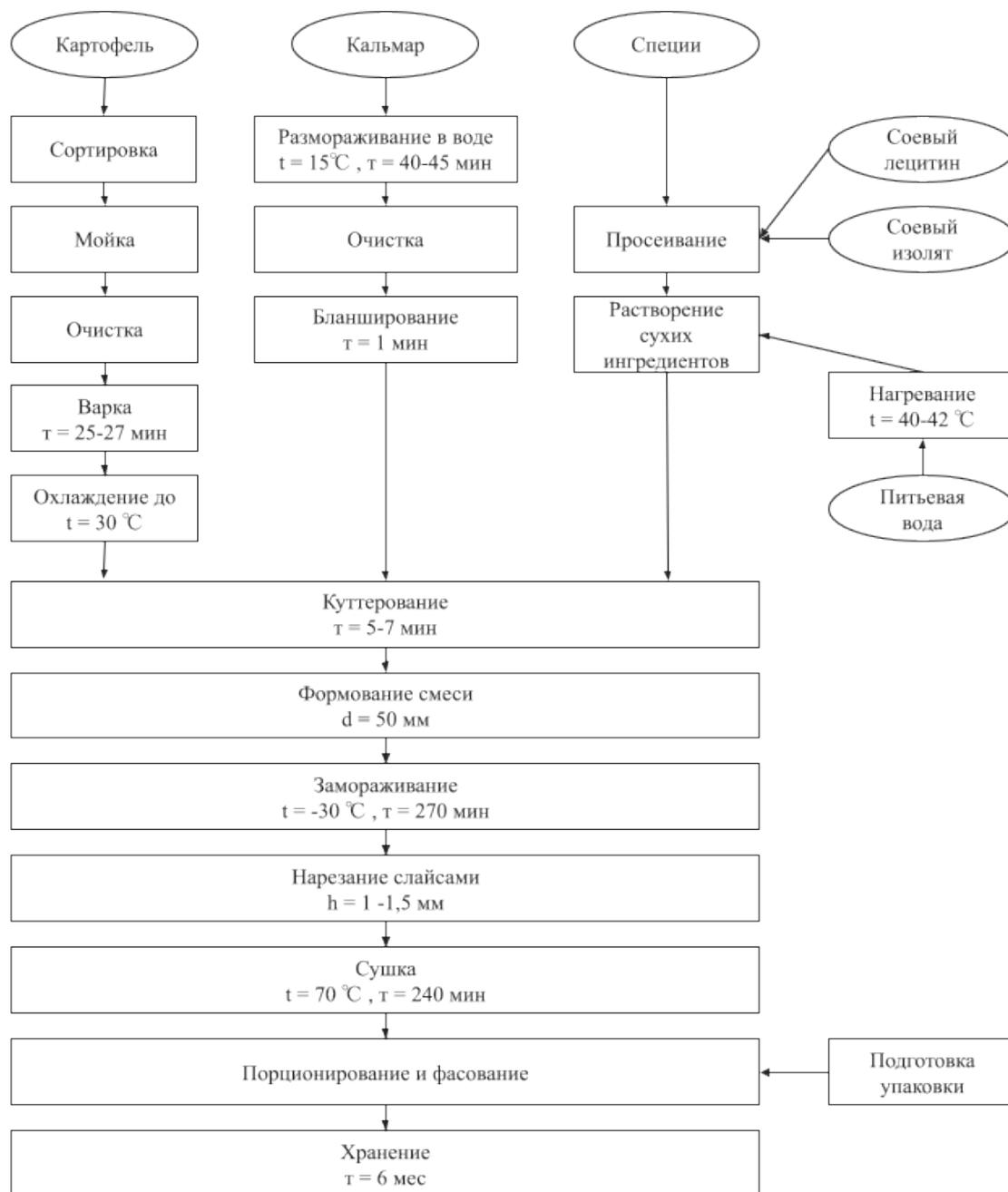


Рис. 2. Технологическая схема производства снеков

Fig. 2. Technological diagram for the production of snacks

Для определения оптимального соотношения ингредиентов в составе смеси изготовления белковых снеков были разработаны экспериментальные образцы по 10 рецептурам и проведена органолептическая оценка независимой группой

людей в составе 15 человек по следующим характеристикам: вкус и послевкусие, аромат, консистенция, хрусткость, внешний вид. По итогам дегустации была составлена рецептура, представленная в таблице 1.

Таблица 1

Рецептура белковых снеков с добавлением гидробионтов

Table 1

Recipe for protein snacks with the addition of hydrobionts

Наименование сырья	% / 100 г основного сырья
Картофель отварной	75
Кальмар бланшированный	20
Соевый изолят	5
Чеснок сушеный	1
Соевый лецитин	1
Паприка сушеная сладкая	0,5
Фукус	0,5
Соль	0,5

Примечание. Таблица составлена авторами.

Разработанные рецептура и технология позволяют достичь высоких показателей пищевых характеристик.

Пищевая и энергетическая ценность на 100 грамм готового продукта отражены в таблице 2.

Примечание. Таблица составлена авторами.

Таблица 2

Пищевая и энергетическая ценность белковых снеков с добавлением гидробионтов

Table 2

Nutritional and energy value of protein snacks with the addition of hydrobionts

ПЦ и ЭЦ на 100 г готового продукта				
Б(г)	Ж(г)	У(г)	ЭЦ, ккал	ЭЦ, кДж
29,7	5,6	47,0	357,0	1494,1

Таким образом, готовый продукт – белковые снеки с добавлением гидробионтов позволяет удовлетворить 20–30% суточной потребности человека, в зависимости от его физиологических параметров, согласно методическим рекомендациям МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

**Заключение.** В данной статье представлена разработка новой технологии производства инновационного продукта – белковых чипсов с добавлением гидробионтов. Разработанные снеки решают вопросы рационального использования сырья и ресурсов при производстве пищевых продуктов, содействуют пропагандированию здорового питания, направленному на решение вызовов ESG-повестки.

В ходе работы были проведены эксперименты, позволившие определить оптимальное соотношение компонентов, которое сможет обеспечить высокое качество и вкусовые характеристики продукта. Этот инновационный продукт может быть использован в качестве здоровой закуски, а также имеет потенциал для применения в спортивном питании. В свою очередь, спорт является одним из важных факторов устойчивого развития мира.

Исследование сформировало представление о ключевых особенностях функционального ингредиента – морской водоросли Fucus, которые были установлены на основании эмпирических данных, полученных в ходе разработки продукта.

К положительным сторонам использо-

вания фукуса можно отнести: возможность обогащения продукта микро- и макроэлементами, в частности йодом; возможность использовать отходы от основного производства для получения альгинатов (при использовании фукуса не в высушенном состоянии); возможность использовать порошок фукуса, что позволяет расширить сферу применимости фукуса. При этом следует учитывать такие особенности водоросли, как трудность определения точного содержания йода в конечном продукте, а также специфические вкус и аромат водоросли. При этом при использовании рассматриваемой водоросли в продуктах с рыбой или морепродуктами в составе данная особенность не будет ярко выраженной.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]: официальный сайт. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218> (дата обращения: 25.01.24).
2. Кочкин А. «ESG-повестка будет довлеть над индустрией еды так же, как над энергетикой и металлургией», исполнительный директор «ЭФКО» Сергей Иванов [Электронный ресурс]. Абирег бизнес: сайт. URL: <https://abireg.ru/newsitem/91009/>. Дата публикации: 07.12.2021
3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году» [Электронный ресурс]. URL: [https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/d9d/gd\\_2017\\_seb.pdf](https://www.rospotrebnadzor.ru/upload/iblock/d9d/gd_2017_seb.pdf) (дата обращения 02.02.24)
4. Декларация Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1\\_ru.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf) (дата обращения 02.02.24)
5. Prasanna M., Bhaskaran U., Rekha T. et al. Snacking Behaviour and Its Determinants among College-Going Students in Coastal South India. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2018.
6. Almoraie N.M., Saqaan R., Alharthi R. et al. Snacking patterns throughout the life span: potential implications on health. *Nutrition Research*. 2021; 91: 81-94.
7. Шейнкман Е. Тренды индустрии: рынок снеков [Электронный ресурс]. NielsenIQ: сайт. URL: <https://nielseniq.com/global/ru/insights/analysis/2022/trendy-industrii-rynok-snekov/>. Дата публикации: 30.03.2022
8. Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 июля 2021 г.) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/>

9. Марков П., Марков Д., Воденичарова А. Оценка риска для здоровья при употреблении транс-жирных кислот. Здоровье для всех: материалы VII Международной научно-практической конференции (Пинск, 18-19 мая 2017 г). Пинск: ПолесГУ; 2017.

10. Морарь Л., Гончар Л. Оценка риска для здоровья при употреблении транс-жирных кислот [Электронный ресурс]. Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor (1-3 aprilie 2020, Chișinău). Chișinău, Republica Moldova: 2020; 1: 455-456. The electronic version of print. publ. URL: [https://ibn.idsi.md/ru/vizualizare\\_articol/106520](https://ibn.idsi.md/ru/vizualizare_articol/106520) (дата обращения: 27.01.2024)

11. Чернова А.В., Петроченкова А.В. Регламентирование содержания контаминанта акриламида в пищевой продукции. Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия / Научные труды Дальрыбвтуза. 2023; 63(1): 20-27.

12. Игнатова Т.А., Подкорытова А.В., Алексеев Д.О. и др. Оценка качественных показателей мантии и внутренних органов командорского кальмара *Beryteuthis Magister* [Электронный ресурс]. Сборник тезисов докладов участников пула научно-практических конференций. Керчь: КГМТУ; 2021. URL: [https://kgmtu.ru/documents/nauka/2021/Sbornik\\_Tezisov\\_Sochi\\_2021.pdf](https://kgmtu.ru/documents/nauka/2021/Sbornik_Tezisov_Sochi_2021.pdf). Дата публикации: 24 февраля 2021. Текст: электронный.

13. Абдулбарова Ю. Мировые тренды ресторанного бизнеса в 2022 и 2023 годах: важно знать! [Электронный ресурс]. linDeal: сайт. URL: <https://lindeal.com/trends/mirovye-trendy-restorannogo-biznesa-v-2022> (дата обращения 15.02.24)

14. Seaweed – the fastest growing component of global food production [Электронный ресурс]. Seadling: official site. URL: <https://lindeal.com/trends/mirovye-trendy-restorannogo-biznesa-v-2022> (дата обращения 25.01.2024)

15. Bilal M., Iqbal H.M.N. Marine seaweed polysaccharides-based engineered cues for the modern biomedical sector. *Mar. Drugs*. 2020: 7-18.

16. Balina K., Romagnoli F., Blumberga D. Seaweed biorefinery concept for sustainable use of marine resources. *Energy Procedia*. 2017: 504-511.

17. АГРОСЕРВЕР.ру российский агропромышленный сервер [Электронный ресурс]: сайт. URL: <https://agroservers.ru/b/fukus-vodorosli-sostav-100-optom-v-rasfasovke-po-1-kg-i-po-2-1076364.htm> (дата обращения 15.02.2024).

18. Ученые выяснили, что фукус пузырчатый из Баренцева моря – лидер по содержанию полезных веществ среди других видов бурых водорослей. Пресс-центр Министерства науки и высшего образования Российской Федерации [Электронный ресурс]: сайт. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/51983/> (дата обращения 10.02.2024).

19. Сучкова Т.Н., Ковалева О.А., Шалимов Г.Э. и др. Энергетический гель с добавлением бурой водоросли фукус [Электронный ресурс]. Биология в сельском хозяйстве. 2023; 1(38): 29-32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskiy-gel-s-dobavleniem-buroy-vodorosli-fukus/viewer>

20. Соколан Н.И., Куранова Л.К., Воронько Н.Г. Исследование возможности получения альгината натрия из продукта переработки фукусовых водорослей [Электронный ресурс]. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018; 80(1). URL: <https://www.vestnik-vsuet.ru/vguit/article/view/1681>. Дата публикации: 05.02.2018

## REFERENCES:

1. Federal State Statistics Service [Electronic resource]: official website. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13218> (access date: 25/01/24). (In Russ).
2. Kochkin A. «The ESG agenda will dominate the food industry as well as the energy and metallurgy industries», Executive Director of EFKO Sergei Ivanov [Electronic resource]. Abireg business: website. URL: <https://abireg.ru/newsitem/91009/>. Publication date: 07/12/2021. (In Russ).
3. State report «On the state of sanitary and epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2017» [Electronic resource]. URL: [https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/d9d/gd\\_2017\\_seb.pdf](https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/d9d/gd_2017_seb.pdf) (access date 02/02/24) (In Russ).
4. Declaration Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development [Electronic resource]. URL: [https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1\\_ru.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_ru.pdf) (access date 02/02/24) (In Russ).
5. Prasanna M., Bhaskaran U., Rekha T. et al. Snacking Behavior and Its Determinants among College-Going Students in Coastal South India. *Journal of Nutrition and Metabolism*. 2018. (In Russ).
6. Almoraie N.M., Saqaan R., Alharthi R. et al. Snacking patterns throughout the life span: potential implications on health. *Nutrition Research*. 2021; 91: 81-94.
7. Sheinkman E. Industry trends: snack market [Electronic resource]. NielsenIQ: website. URL: <https://nielseniq.com/global/ru/insights/analysis/2022/trendy-industrii-rynok-snekov/>. Publication date: 30/03/2022. (In Russ).
8. Methodological recommendations MR 2.3.1.0253-21 «Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation» (approved by the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Welfare on July 22, 2021) [Electronic resource]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402716140/>. (In Russ).
9. Markov P., Markov D., Vodenicharova A. Assessment of health risks when consuming trans fatty acids. *Health for all: materials of the VII International Scientific and Practical Conference (Pinsk, May 18-19, 2017)*. Pinsk: PolesGU; 2017. (In Russ).
10. Morar L., Gonchar L. Assessment of health risks when consuming trans fatty acids [Electronic resource]. *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor (1-3 April 2020, Chișinău)*. Chișinău, Republica Moldova: 2020;1: 455-456. The electronic version of print. publ. URL: [https://ibn.idsi.md/ru/vizualizare\\_articol/106520](https://ibn.idsi.md/ru/vizualizare_articol/106520) (access date: 27/01/2024)
11. Chernova A.V., Petrochenkova A.V. Regulation of acrylamide contaminant content in food products. *Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia / Scientific works of Dalrybvtuz*. 2023; 63(1): 20-27. (In Russ).
12. Ignatova T.A., Podkorytova A.V., Alekseev D.O. et al. Assessment of quality indicators of the mantle and internal organs of the Commander squid *Berryteuthis Magister* [Electronic resource]. Collection of abstracts of reports from participants in a pool of scientific and practical conferences. Kerch: KSMTU; 2021. URL: [https://kgmtu.ru/documents/nauka/2021/Sbornik\\_Tezisov\\_Sochi\\_2021.pdf](https://kgmtu.ru/documents/nauka/2021/Sbornik_Tezisov_Sochi_2021.pdf). Date of publication: February 24, 2021. Text: electronic. (In Russ).
13. Abdulbarova Y. Global trends in the restaurant business in 2022 and 2023: important to know! [Electronic resource]. linDeal: website. URL: <https://lindeal.com/trends/mirovye-trendy-restorannogo-biznesa-v-2022> (access date 15/02/24) (In Russ).
14. Seaweed – the fastest growing component of global food production [Electronic resource]. Seadling: official site. URL: <https://lindeal.com/trends/mirovye-trendy-restorannogo-biznesa-v-2022> (access date 25/01/2024) (In Russ).

15. Bilal M., Iqbal H.M.N. Marine seaweed polysaccharides-based engineered cues for the modern biomedical sector. *Mar. Drugs*. 2020: 7-18. (In Russ).

16. Balina K., Romagnoli F., Blumberga D. Seaweed biorefinery concept for sustainable use of marine resources. *Energy Procedia*. 2017: 504-511.

17. AGROSERVER.ru Russian agro-industrial server [Electronic resource]: website. URL: <https://agroserver.ru/b/fukus-vodorosli-sostav-100-optom-v-rasfasovke-po-1-kg-i-po-2-1076364.htm> (access date 15/02/2024).

18. Scientists have found that *Fucus vesiculosus* from the Barents Sea is the leader in the content of useful substances among other types of brown algae. Press center of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation [Electronic resource]: website. URL: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/51983/> (accessed 10/02/2024). (In Russ).

19. Suchkova T.N., Kovaleva O.A., Shalimov G.E. et al. Energy gel with the addition of brown algae fucus [Electronic resource]. *Biology in agriculture*. 2023; 1(38): 29-32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/energeticheskiy-gel-s-dobavleniem-buroy-vodorosli-fukus/viewer>. (In Russ).

20. Sokolan N.I., Kuranova L.K., Voronko N.G. Studying the possibility of obtaining sodium alginate from the product of processing fucus algae [Electronic resource]. *Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2018; 80(1). URL: <https://www.vestnik-vsuet.ru/vguit/article/view/1681>. Publication date: 05/02/2018. (In Russ).

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Милана Владимировна Закоптелова**, магистрант 2-го курса факультета биотехнологий, инженер факультета технологического менеджмента и инноваций, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»  
[ya.milana-zakoptelova@yandex.ru](mailto:ya.milana-zakoptelova@yandex.ru)

**Milana V. Zakoptelova**, 2d year Master student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «ITMO National Research University»  
[ya.milana-zakoptelova@yandex.ru](mailto:ya.milana-zakoptelova@yandex.ru)

**Юлия Сергеевна Бойцова**, преподаватель, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»  
[yulia.bojtsova@yandex.ru](mailto:yulia.bojtsova@yandex.ru)

**Julia S. Bojtsova**, Lecturer, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «ITMO National Research University»  
[yulia.bojtsova@yandex.ru](mailto:yulia.bojtsova@yandex.ru)

Поступила в редакцию 19.03.2024; поступила после рецензирования 22.04.2024; принята к публикации 23.04.2024

Received 19.03.2024; Revised 22.04.2024; Accepted 23.04.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-69-80>

УДК 664.681.9:638.178.2

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Разработка мучных кондитерских изделий с применением физиологически ценных продуктов пчеловодства

Анна А. Ковалевская<sup>1\*</sup>, Вера В. Илларионова<sup>1</sup>, Алена Е. Глазенко<sup>1</sup>,  
Илья М. Чебанов<sup>1</sup>, Елена Н. Губа<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»;  
ул. Московская, д. 2, г. Краснодар, 2350072, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»;  
ул. Садовая, д. 17, г. Краснодар, 350002, Российская Федерация

**Аннотация.** Актуальными задачами, стоящими перед специалистами, занятыми в сфере производства и обращения пищевой продукции, является создание сбалансированных по физиологически ценным ингредиентам продуктов. Формирование печенья с измененным рецептурным составом может привести к изменению в восприятии дескрипторов печенья, поэтому желательным аспектом является поиск физиологически ценных ингредиентов, обогащающих готовый продукт и отвечающих требованиям потребителей при его оценке потребительских свойств, характерных для географического положения регионов проживания и привычных для потребителей. Целями исследований явились разработка мучных кондитерских изделий с применением физиологически ценных продуктов пчеловодства – пчелиной пыльцевой обножки, собранной в различных регионах страны, и оценка потребительских характеристик полученных продуктов с учетом факторов традиционного восприятия органолептических показателей. Объектами исследования явились образцы пчелиной пыльцевой обножки, собранные в различных регионах России. Оценка качества пчелиной пыльцевой обножки проводили по органолептическим показателям: внешний вид, цвет, консистенция, запах, вкус. Оценка физико-химических показателей качества пчелиной пыльцевой обножки проводили с использованием принятых в промышленности методик. Качество сахарного печенья оценивали по принятым в промышленности методикам для оценки качества мучных кондитерских изделий. Оценка органолептических показателей качества печенья также проводили гедонистически с применением метода приемлемости и предпочтения и метода парного сравнения. Исследования подтвердили целесообразность применения продуктов пчеловодства – пчелиной пыльцевой обножки – в производстве мучных кондитерских изделий. Гедонистические испытания восприятия мучных кондитерских изделий с добавлением продуктов пчеловодства – пчелиной

пыльцевой обножки – подтвердили традиционность восприятия готовых изделий. В целом предлагаемые решения по разработке мучных кондитерских изделий с применением физиологически ценных продуктов пчеловодства позволят расширить ассортимент функциональных продуктов питания.

**Ключевые слова:** печенье, продукты пчеловодства, пчелиная пыльцевая обножка, функциональные ингредиенты, гедонистические испытания

*Для цитирования:* Ковалевская А.А., Илларионова В.В., Глазенко А.Е. и др. Разработка мучных кондитерских изделий с применением физиологически ценных продуктов пчеловодства. Новые технологии / New technologies. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-69-80>

## Development of flour confectionery products using physiologically valuable beekeeping products

Anna A. Kovalevskaya<sup>1\*</sup>, Vera V. Illarionova<sup>1</sup>, Alena E. Glasenko<sup>1</sup>,  
Ilya M. Chebanov<sup>1</sup>, Elena N. Guba<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSBEI HE «Kuban State Technological University»; 2 Moskovskaya str., Krasnodar, 350072, the Russian Federation

<sup>2</sup>FSBEI HE «Plekhanov Russian University of Economics»; 17 Sadovaya str., Krasnodar, 350002, the Russian Federation

**Abstract.** The current tasks facing specialists involved in the production and circulation of food products is the creation of products that are balanced in terms of physiologically valuable ingredients. The formation of cookies with a modified recipe composition can change the perception of cookie descriptors. So, a desirable aspect is the search for physiologically valuable ingredients that enrich the finished product and meet the requirements of consumers when assessing its consumer properties, characteristic of the geographical location of the regions of residence and familiar to consumers. The purpose of the research was to develop flour confectionery products using physiologically valuable beekeeping products – bee pollen pellet collected in various regions of the country, and to evaluate the consumer characteristics of the resulting products, taking into account the factors of traditional perception of organoleptic indicators. The objects of the research were samples of bee pollen collected in various regions of Russia. The quality of bee pollen pellet was assessed according to organoleptic indicators: appearance, color, consistency, smell, taste. The assessment of physicochemical quality indicators of bee pollen pellet was carried out using industry-accepted methods. The quality of sugar cookies was assessed using accepted methods for assessing the quality of flour confectionery products. The assessment of the organoleptic quality indicators of the cookies was also carried out hedonistically using the acceptability and preference method and the paired comparison method. The research has confirmed the feasibility of using bee products (bee pollen pellet) in the production of flour confectionery products. Hedonic tests of the perception of flour confectionery products with the addition of beekeeping products and bee pollen have confirmed the traditional perception of the finished products. In general, the proposed solutions for the development of flour

confectionery products using physiologically valuable beekeeping products will expand the range of functional food products.

**Keywords:** cookies, bee products, bee pollen pellet, functional ingredients, hedonic tests

**For citation:** Kovalevskaya A.A., Illarionova V.V., Glazenko A.E. et al. Development of flour confectionery products using physiologically valuable beekeeping products. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-69-80>

**Введение.** В настоящее время актуальной задачей, стоящей перед специалистами, занятыми в сфере производства и обращения пищевой продукции, является создание сбалансированных по физиологически ценным ингредиентам продуктов. Это связано как с вопросами продовольственной безопасности, так и с необходимостью расширения ассортимента продуктов, сбалансированных по химическому составу и пищевой ценности.

В работах [1] показано, что в российской популяции выделены четыре модели пищевого поведения, при этом отсутствует приоритетная устойчивая модель пищевого поведения, основанная на принципах здорового питания, свойственная, например, рациону питания народов Средиземноморья и южной части Европы. Тем не менее, приверженность модели питания со снижением вероятности факторов риска, названная авторами исследований [1] «Разумная», заключается в сочетании в рационе питания большого количества молочных продуктов, кондитерских изделий и сладостей с высоким гликемическим индексом, а также в потреблении умеренного количества свежих овощей и фруктов, круп и макаронных изделий и ассоциируется со снижением вероятности возникновения хронических неинфекционных заболеваний [1].

Актуальным направлением решения этих задач является формирование рецептуры пищевых продуктов, в том числе кондитерских изделий, сбалансированной пищевой ценности и обогащенных ценными физиологическими ингредиентами.

Задача решается путем разработки рецептур печенья с использованием муки из семян амаранта [2,3], с применением модифицированного жирового компонента, структурированного пчелиным воском [4], кукурузной, гороховой муки в сочетании с маргаринами [5], плодов боярышника [6], ягод аронии [7], цикория [8], семян и муки Chia [9], на основе муки пшеничной из цельнозернового зерна и жирового продукта энзимной переэтерификации с омега-3 жирными кислотами с добавлением микроводоросли спирулины [10].

Тем не менее, формирование печенья с измененным рецептурным составом может привести к изменению в восприятии дескрипторов печенья, поэтому желательным аспектом является поиск физиологически ценных ингредиентов, обогащающих готовый продукт и отвечающих требованиям потребителей при его оценке потребительских свойств, характерных для географического положения регионов проживания и привычных для потребителей.

Проведенный нами анализ патентной и научно-технической информации показал, что в настоящее время продукты пчеловодства, в том числе и пчелиная пыльцевая обножка применяются при производстве продуктов питания функционального назначения. Выявлена эффективность применения пчелиной обножки при производстве комбинированных и составных кисломолочных продуктов, что позволяет восполнить дефицит полиненасыщенных жирных кислот, тем самым снизить риск возникновения нарушений

обмена веществ и в целом улучшить естественную резистенцию организма к заболеваниям. Пчелиная пыльцевая обножка обладает широким спектром свойств, что позволяет ее применять в качестве функциональной и технологической добавки при производстве мясных и молочных продуктов. Производство хлебобулочных изделий с введением пчелиной пыльцевой обножки позволяет получать изделия с заданными диетическими и профилактическими свойствами, и готовый продукт может быть рекомендован в диетах для людей с заболеваниями желудочно-кишечного тракта, атеросклерозом, а также в качестве продукта профилактического назначения в питании. Высокая биологическая ценность и биодоступность компонентов пчелиной пыльцевой обножки дает основание применять ее в качестве биологически активной добавки к пище, вводя в рацион питания людей в период реабилитаций после тяжелых заболеваний, хирургического вмешательства, с истощением, а также занимающихся напряженным физическим и умственным трудом [11-20].

Актуальность применения продуктов пчеловодства в составе пищевых продуктов приведена в работах [21-27], в которых показана их эффективность при создании продуктов питания функционального назначения за счет обогащения ценными физиологическими ингредиентами.

Учитывая это, целями исследований явились разработка мучных кондитерских изделий с применением физиологически ценных продуктов пчеловодства – пчелиной пыльцевой обножки, собранной в различных регионах страны, и оценка потребительских свойств полученных продуктов с учетом факторов традиционного восприятия органолептических показателей.

**Объекты и методы исследования.** В качестве объектов исследования нами были выбраны образцы пчелиной пыль-

цевой обножки, собранные в различных регионах России, оценку качества которых проводили в соответствии с методиками, приведенными в ГОСТ 5900, ГОСТ 5901, ГОСТ 10114, для установления соответствия требованиям основных органолептических и физико-химических показателей. Оценку органолептических показателей качества образцов печенья проводили по методикам, принятым в промышленности, а также гедонистически с применением метода приемлемости, предпочтения и метода парного сравнения.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для исследования возможности применения продукции пчеловодства – пчелиной пыльцевой обножки – в составе мучных кондитерских изделий и их влияния в составе сахарного печенья на восприятие на потребительском рынке были отобраны образцы, собранные в различных регионах страны: Оренбургская область (образец 1), Республика Башкортостан (образец 2), Краснодарский край (образец 3), Екатеринбургская область (образец 4).

В ходе проведенной оценки органолептических показателей исследуемых образцов пчелиной пыльцевой обножки было установлено, что все образцы соответствовали установленным требованиям ГОСТ 2887. Имели внешний вид зернистой сыпучей массы, сухую, твердую консистенцию, специфичный, выраженный медово-цветочный запах, характерный для данного вида продукта, приятный, нейтральный, сладковатый с небольшой горчинкой вкус. Однако образцы имели незначительные различия во вкусе и цвете, что обусловлено видом цветочного сырья, периодом и особенностями сбора, а также различиями климатических зон регионов России.

Результаты исследований показателей безопасности также подтвердили соответствие качества исследуемых образцов установленным требованиям (рис. 1).

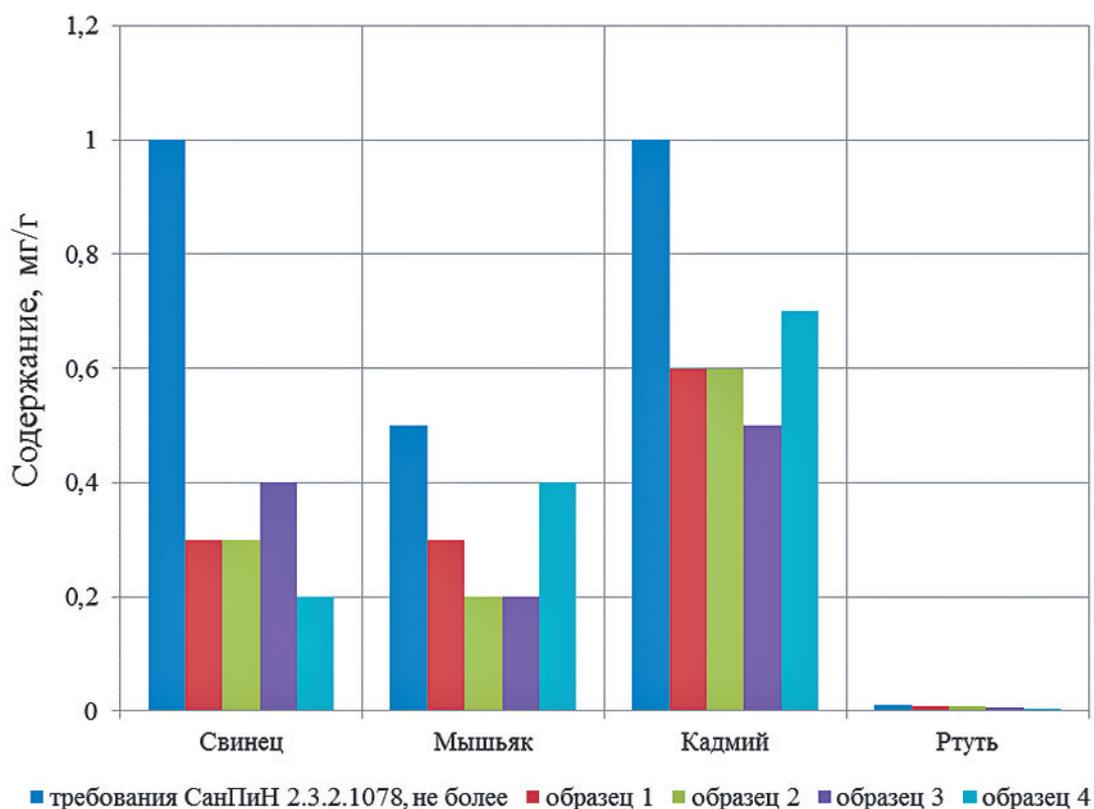


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в исследуемых образцах пчелиной пыльцевой обножки

Fig. 1. Content of heavy metals in the studied samples of bee pollen pellet

Было установлено, что по количеству мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМА-ФАНМ), бактерий группы кишечной палочки (БГКП коли-формы), патогенных бактерий *Salmonella*, *Staphilococcus aureus*, *Vacillus cereus*, грибов и дрожжей все исследуемые образцы также соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

Оценка пищевой ценности пыльцевой обножки показала высокое содержание в составе 100 г продукта витаминов, в том числе витамина А (до 112 мкг), витаминов группы В (до 5,0 мг), витамина С (до 40 мг), витамина Е (до 130 мг), витамина РР (до 20,0 мг), а также макроэлементов, таких как кальций, магний, фосфор, калий, кремний, сера, и микроэлементов – железа, марганца, меди, бора, ванадия.

Анализ аминокислотного состава бел-

ков, входящих в состав образцов пчелиной пыльцевой обножки, показал, что в образцах представлены как незаменимые, так и заменимые аминокислоты. При этом отмечено наибольшее содержание таких незаменимых аминокислот, как лейцин, изолейцин и фенилаланин (рис. 2 и 3).

Проведя исследования химического состава и пищевой ценности пчелиной пыльцевой обножки, а также основных показателей качества и безопасности, была подтверждена возможность ее применения при формировании продуктов питания с заданными характеристиками и функциональными свойствами.

Учитывая, что введение в рецептурный состав печенья пчелиной пыльцевой обножки может повлиять на восприятие потребителями вкусовых характеристик, на следующем этапе проводили гедони-

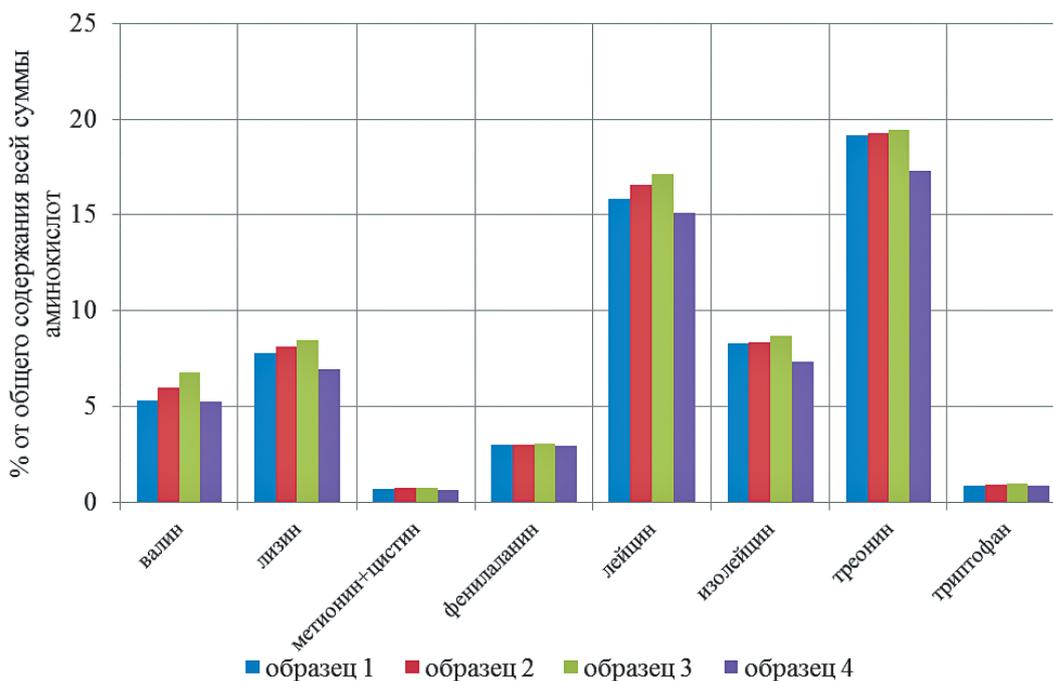


Рис. 2. Состав незаменимых аминокислот исследуемых образцов пчелиной пыльцевой обножки

Fig. 2. Composition of essential amino acids in the studied samples of bee pollen pellet

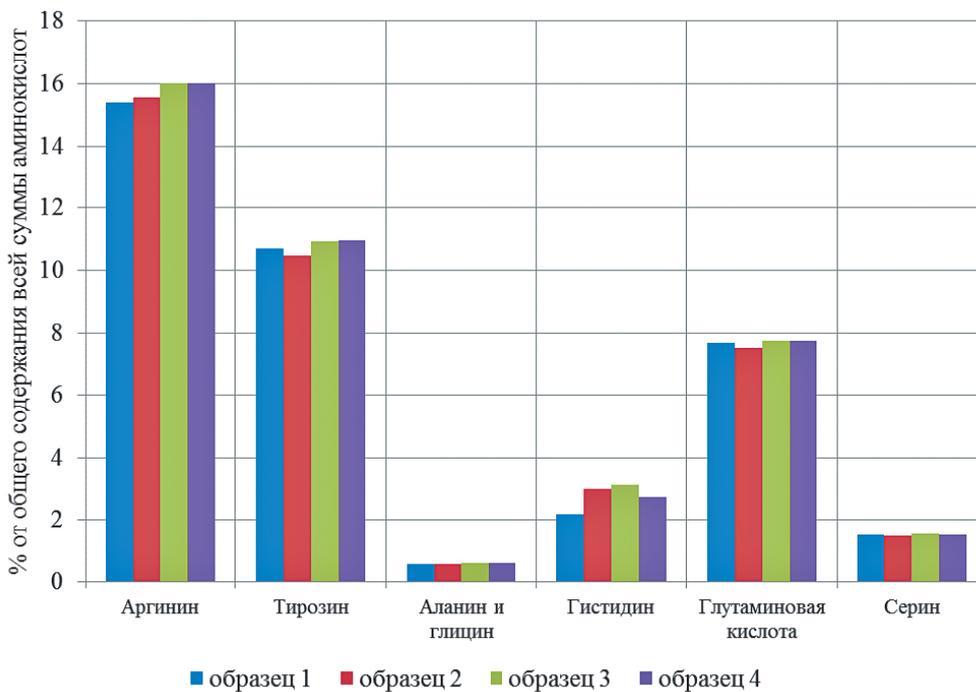


Рис. 3. Состав заменимых аминокислот исследуемых образцов пчелиной пыльцевой обножки

Fig. 3. Composition of nonessential amino acids in the studied samples of bee pollen pellet

ческие испытания органолептических показателей печенья с применением метода приемлемости и предпочтения и метода парного сравнения.

Выпекали сахарное печенье с добавлением пчелиной пыльцевой обножки, а также контрольный образец. Печенье выпекали без добавления красителей и ароматизаторов.

Полученные образцы анализировали с учетом требований действующей технической документации, результаты исследования показали соответствие показателей качества исследуемых образцов установленным требованиям, после чего осуществляли проведение гедонистических испытаний.

На первом этапе нами были определены целевые аудитории, которые являются наиболее частыми потребителями данной продукции и выбирают печенье в основном по органолептическим показателям по принципу «нравится – не нравится». Таким образом, были сформированы дегустационные панели по возрастным и социальным группам:

- первая панель – респонденты в возрасте от 16 до 25 лет (учащиеся, студенты);
- вторая панель – респонденты в возрасте от 26 до 55 лет (работающие);
- третья панель – респонденты в возрасте от 56 до 70 лет (неработающие и/или пенсионеры).

Кроме того, во второй панели в отдельную категорию были вынесены несовершеннолетние дети в возрасте от 5 до 10 лет с родителями.

Общее количество респондентов составило 1026, что позволило получить достоверные результаты гедонической оценки органолептических показателей образцов печенья.

Все образцы печенья были зашифрованы и предлагались в различной последовательности парами, где образец А – печенье с традиционной рецептурой (контроль), образец В – печенье с пчелиной пыльцевой обножкой в рецептуре. Таким образом,

каждый из респондентов оценил по пять зашифрованных пар образцов печенья.

К каждой панели применялись две основные группы гедонических испытаний, которые устанавливают разные задачи для потребителя [28].

С применением первого метода гедонических испытаний проводилась проверка приемлемости образцов печенья, т. е. оценивалась глубина удовлетворения (удовольствия) при потреблении. Для этого респондентам предлагалось оценить степень удовлетворения по визуализированной шкале с лицами, выражающими эмоции.

При втором методе гедонических испытаний выявляли предпочтения респондентов относительно представленных образцов печенья. Оценивая каждую пару из пяти представленных, необходимо было ответить на вопрос: «Какой образец Вам нравится больше?» Также был предусмотрен допустимый ответ «предпочтения нет».

При составлении анкет исключались вопросы, способные повлиять на решение респондентов в пользу того или иного образца печенья.

Однако разрешалось в конце испытания дать респондентам возможность прокомментировать, какие образцы и чем конкретно понравились или не понравились [28].

Анализ полученных результатов проводился расчетами элементарной описательной статистики отдельно по каждой панели и в совокупности. Усредненные результаты были следующие: 63% респондентов не ощущают заметное различие между продуктами, которые они оценивают, при этом 78% респондентов отдали предпочтение образцам печенья с пчелиной пыльцевой обножкой в рецептуре.

Проведенные гедонические испытания органолептических показателей образцов печенья подтвердили целесообразность применения пчелиной пыльцевой обножки в рецептуре сахарного печенья.

### Выводы:

1. Исследования подтвердили целесообразность применения продуктов пчеловодства пчелиной пыльцевой обножки в производстве мучных кондитерских изделий.

2. Гедонистические испытания восприятия мучных кондитерских изделий с добавлением продуктов пчеловодства –

пчелиной пыльцевой обножки – подтвердили традиционность восприятия готовых изделий.

3. Предлагаемые решения по разработке мучных кондитерских изделий с применением физиологически ценных продуктов пчеловодства – пчелиной пыльцевой обножки – позволят расширить ассортимент функциональных продуктов питания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Максимов С.А., Карамнова Н.С., Шальнова С.А. и др. Эмпирические модели питания в российской популяции и факторы риска хронических неинфекционных заболеваний (исследование ЭССЕ-РФ). Вопросы питания. 2019; 88(6): 22-33.

2. Сидорова Ю.С., Бирюлина Н.А., Зилова И.С. и др. Белки зерна амаранта: перспективы использования в специализированной пищевой продукции. Вопросы питания. 2022; 91(3): 96-106.

3. Бавыкина И.А., Звягин А.А., Мирошниченко Л.А. и др. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена. Вопросы питания. 2017; 2: 91-99.

4. Фролова Ю.В., Соболев Р.В., Саркисян В.А. и др. Формирование органолептического профиля сахарного печенья с модифицированным жировым компонентом. Вопросы питания. 2022; 91(2): 93-98.

5. Байысбаева М.П., Жиенбаева С.Т., Рустемова А.Ж. и др. Технология производства песочно-отсадного сдобного печенья с применением добавки. Вестник Алматинского технологического университета. 2020; 2: 30-37.

6. Гарькина П.К., Горбачева О.Н. Сахарное печенье с применением порошка боярышника. Инновационная техника и технология. 2020; 4(25): 12-18.

7. Лобосова Л.А., Магомедов М.Г., Малютин Т.Н. и др. Печенье с начинкой нового состава. Хлебопродукты. 2020; 4: 62-63.

8. Кожухметова А.Н., Юрк Н.А., Динер Ю.А. Разработка проекта технических условий «Печенье овсяное с цикорием». Наука в современном мире: приоритеты развития. 2018; 2(1): 25-28.

9. Егорова С.В., Кулаков В.Г., Утюшева Е.М. Функциональное зерновое печенье с семенами и мукой Chia. Стратегии и тренды развития науки в современных условиях. 2017; 1(3): 128-131.

10. Алексеенко Е.В., Белявская И.Г., Зайцева Л.В. и др. Сдобное печенье повышенной пищевой ценностью. Хранение и переработка сельхозсырья. 2021; 2: 121-138.

11. Наумкин В.П. Мед и сахар в нашем питании. Пчеловодство. 2013; 9: 6-7.

12. Крылов В.Н., Сокольский С.С. Применение биологически активных добавок на основе пчелопродуктов. Фундаментальные исследования. 2006; 10: 47-49.

13. Колосова С.Ф., Умиралиева Л.Б., Кашкарова И.В. и др. Разработка технологии получения и оценка эффективности продуктов пчеловодства для создания биологически активных добавок. Теоретические аспекты хранения и переработки сельхозпродукции. 2022; 1: 18-31.

14. Попова Г.С. Разработка инновационной технологии пряничных изделий, обогащенных биологически активными продуктами пчеловодства. Челябинск: ЮУрГУ; ВМБШ; МБ-294; 2017.

15. Залилова З.А. Статистико-экономическое исследование производства продукции пчеловодства: на материалах Республики Башкортостан: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.12. Уфа; 2010.
16. Щепеткова А.Г., Лойко И.М., Халько Н.В. и др. Эффективность применения продуктов пчеловодства при выращивании телят. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2012: 22-28.
17. Присяжная С.П., Грибанова С.Л. Подбор обогащающих компонентов, обеспечивающих функциональные свойства мороженого. Производство и переработка сельскохозяйственной продукции. 2013; 1(30): 72-76.
18. Осинцева Л.А. Перспективы использования пыльцевой обножки медоносных пчел в прогнозировании микробиологической безопасности растительной продукции. Инновации и продовольственная безопасность. 2013; 2: 113-118.
19. Бегутов М.М., Соловьев В.Б., Генгин М.Т. Разработка лекарственных препаратов и биологически активных добавок на основе пептидов из продуктов пчеловодства. Наука и современность. 2014: 14-19.
20. Холназаров М.Х., Муллоев Х.А. Формирование и функционирование рынка пчелопродуктов. Вестник Курган-Тюбинского государственного университета им. Носира Хусрава. 2015;4(34): 26-30.
21. Холматов Н.С., Попова Д.Г. Разработка Гейнера с пчелопродуктами, определение показателей качества и безопасности. Развитие промышленного пчеловодства в России и мире: материалы научно-практической конференции. 2016: 139-141.
22. Присяжная С.П., Грибанова С.Л. Получение функционального мороженого с использованием пчелопродуктов. Дальневосточный аграрный вестник. 2014: 88-93.
23. Леорда А.И., Гараева С.Н., Мантоптин А.И. и др. Биологически активная добавка общеукрепляющего действия на основе продуктов пчеловодства. Международный биогеохимический Симпозиум (Тирасполь, 5-7 нояб. 2020 г.). Тирасполь; 2020: 310-314.
24. Ядевич В.С., Почицкая И.М. Использование продуктов пчеловодства при создании продуктов функционального назначения. Наука, питание и здоровье: сборник научных трудов XVIII Международной научно-практической конференции. Минск; 2020: 201-204.
25. Романович Н.С., Савельева Т.А., Бирюк Е.Н. и др. Оценка пчел и пчелопродуктов как источников выделения молочнокислых и бифидобактерий. Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2021; 15: С. 55-64.
26. Резниченко И.Ю., Бакин И.А., Любимов А.С. Биотехнологический потенциал меда и продуктов его переработки. Эколого-биологическое благополучие растительного и животного мира: тезисы докладов Международной научно-практической конференции. Благовещенск; 2022: 208.
27. Ахметова Л.Т., Гармонов С.Ю., Сибгатуллин Ж.Ж. и др. Продукты пчеловодства как биологически активные средства и альтернативные продукты питания. Вестник Казанского технологического университета. 2011; 15: 154-160.
28. Ковалевская А.А., Воронцова О.С., Илларионова В.В. и др. Сенсорные методы анализа. Общее руководство: учебное пособие. Краснодар: КубГТУ; 2023.

## REFERENCES:

1. Maksimov S.A., Karamnova N.S., Shalnova S.A. et al. Empirical dietary patterns in the Russian population and risk factors for chronic non-infectious diseases (ESSE-RF study). Nutrition issues. 2019; 88(6): 22-33. (In Russ).

2. Sidorova Yu.S., Biryulina N.A., Zilova I.S. et al. Amaranth grain proteins: prospects for the use in specialized food products. *Nutrition issues*. 2022; 91(3): 96-106. (In Russ).
3. Bavykina I.A., Zvyagin A.A., Miroshnichenko L.A. et al. The effectiveness of amaranth products in gluten-free nutrition for children with gluten intolerance. *Nutrition issues*. 2017; 2: 91-99. (In Russ).
4. Frolova Yu.V., Sobolev R.V., Sarkisyan V.A. et al. Formation of the organoleptic profile of sugar cookies with a modified fat component. *Nutrition issues*. 2022; 91(2): 93-98. (In Russ).
5. Bayysbaeva M.P., Zhienbaeva S.T., Rustemova A.Zh. et al. Technology for the production of shortbread butter cookies using additives. *Bulletin of Almaty Technological University*. 2020; 2: 30-37. (In Russ).
6. Garkina P.K., Gorbacheva O.N. Sugar cookies using hawthorn powder. *Innovative equipment and technology*. 2020; 4(25): 12-18. (In Russ).
7. Lobosova, L.A., Magomedov, M.G., Malyutina, T.N. et al. Cookies with a new composition filling. *Bakery products*. 2020; 4: 62-63. (In Russ).
8. Kozhakhmetova, A.N., Yurk, N.A., Diner, Yu.A. Development of draft technical specifications for «Oatmeal cookies with chicory». *Science in the modern world: development priorities*. 2018; 2(1): 25-28. (In Russ).
9. Egorova S.V., Kulakov V.G., Utyusheva E.M. Functional grain cookies with Chia seeds and flour. *Strategies and trends in the development of science in modern conditions*. 2017; 1(3): 128-131. (In Russ).
10. Alekseenko E.V., Belyavskaya I.G., Zaitseva L.V. et al. Butter cookies of high nutritional value. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2021; 2: 121-138. (In Russ).
11. Naumkin V.P. Honey and sugar in our diet. *Beekeeping*. 2013; 9: 6-7. (In Russ).
12. Krylov V.N., Sokolsky S.S. The use of biologically active additives based on bee products. *Basic research*. 2006; 10: 47-49. (In Russ).
13. Kolosova S.F., Umiraliyeva L.B., Kashkarova I.V. et al. Development of technology for obtaining and assessing the effectiveness of beekeeping products for the creation of dietary supplements. *Theoretical aspects of storage and processing of agricultural products*. 2022; 1: 18-31. (In Russ).
14. Popova G.S. Development of innovative technology for gingerbread products enriched with biologically active beekeeping products. Chelyabinsk: SUSU; VMBSH; MB-294; 2017. (In Russ).
15. Zalilova Z.A. Statistical and economic study of beekeeping production: based on materials from the Republic of Bashkortostan: abstract of dis. ...PhD (Econ.): 08.00.12. Ufa; 2010. (In Russ).
16. Shchepetkova A.G., Loiko I.M., Khalko N.V. et al. Efficiency of using bee products when raising calves. *Current problems of intensive development of livestock farming*. 2012: 22-28. (In Russ).
17. Prisyazhnaya S.P., Griбанова S.L. Selection of enriching components that ensure the functional properties of ice cream. *Production and processing of agricultural products*. 2013; 1(30): 72-76. (In Russ).
18. Osintseva L.A. Prospects for using honey bee pollen pellet in predicting the microbiological safety of plant products. *Innovation and food security*. 2013; 2: 113-118. (In Russ).
19. Begutov M.M., Solovyov V.B., Gengin M.T. Development of medicines and dietary supplements based on peptides from bee products. *Science and modernity*. 2014: 14-19. (In Russ).
20. Kholnazarov M.Kh., Mulloev Kh.A. Formation and functioning of bee products market. *Bulletin of Kurgan-Tjubinsk State University named after Nosir Khusrawa*. 2015; 4(34): 26-30. (In Russ).

21. Kholmatov N.S., Popova D.G. Development of Gainer with bee products, determination of quality and safety indicators. Development of industrial beekeeping in Russia and the world: materials of a scientific and practical conference. 2016: 139-141. (In Russ).

22. Prisyazhnaya S.P., Griбанова S.L. Preparation of functional ice cream using bee products. The Far Eastern Agrarian Bulletin. 2014: 88-93. (In Russ).

23. Leorda, A.I., Garayeva, S.N., Mantoptin, A.I. et al. Dietary supplement with a general strengthening effect based on beekeeping products. International Biogeochemical Symposium (Tiraspol, November 5-7, 2020). Tiraspol; 2020: 310-314. (In Russ).

24. Yadevich, V.S., Pochitskaya, I.M. The use of beekeeping products in the creation of functional products. Science, nutrition and health: collection of scientific papers of the XVIII International Scientific and Practical Conference. Minsk; 2020: 201-204. (In Russ).

25. Romanovich N.S., Savelyeva T.A., Biryuk E.N. et al. Assessment of bees and bee products as sources of lactic acid and bifidobacteria. Current issues in processing meat and dairy raw materials. 2021; 15: P. 55-64. (In Russian)

26. Reznichenko I.Yu., Bakin I.A., Lyubimov A.S. Biotechnological potential of honey and its processed products. Ecological and biological well-being of flora and fauna: abstracts of reports of the International Scientific and Practical Conference. Blagoveshchensk; 2022: 208. (In Russ).

27. Akhmetova L.T., Garmonov S.Yu., Sibgatullin Zh.Zh. et al. Bee products. Bulletin of Kazan Technological University. 2011; 15: 154-160. (In Russ).

28. Kovalevskaya A.A., Vorontsova O.S., Illarionova V.V. et al. Sensory methods of analysis. General guidance: training manual. Krasnodar: KubSTU; 2023. (In Russ).

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Анна Александровна Ковалевская**, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

**Вера Владимировна Илларионова**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»  
illarionovav@mail.ru

**Алена Евгеньевна Глазенко**, магистр кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

**Илья Михайлович Чебанов**, преподаватель кафедры технологии жиров,

**Anna A. Kovalevskaya**, PhD (Engineering), Associate professor, the Department of Technology of Fats, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Apparatuses, FSBEI HE «Kuban State Technological University»

**Vera V. Illarionova**, Dr Sci. (Engineering), Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Technology of Fats, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Apparatuses of the FSBEI HE «Kuban State Technological University»  
illarionovav@mail.ru

**Alena E. Glazenko**, Master student, the Department of Technology of Fats, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Apparatuses, FSBEI HE «Kuban State Technological University»

**Ilya M. Chebanov**, Lecturer, the Department of Technology of Fats, Cosmetics,

косметики, товароведения, процессов и аппаратов, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»

**Елена Николаевна Губа**, доцент, кандидат технических наук, заведующая кафедрой товарной экспертизы, технологии торговли и ресторанного бизнеса Краснодарского филиала ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»  
krasnodar@kfrgteu.ru

Commodity Science, Processes and Apparatuses, FSBEI HE «Kuban State Technological University»

**Elena N. Guba**, PhD (Engineering), Associate Professor, Head of the Department of Commodity Expertise, Technology of Trade and Restaurant Business, Krasnodar Branch of the FSBEI HE «Russian Economic University named after G.V. Plekhanov»  
krasnodar@kfrgteu.ru

#### **Claimed contribution of co-authors**

Anna A. Kovalevskaya – 30%, Vera V. Illarionova – 30%, Alena E. Glazenko – 20%,  
Илья М. Чебанов – 10%, Elena N. Guba – 10%

#### **Заявленный вклад соавторов**

Анна Александровна Ковалевская – 30%, Вера Владимировна Илларионова – 30%,  
Алена Евгеньевна Глазенко – 20%, Илья Михайлович Чебанов – 10%,  
Губа Елена Николаевна – 10%

---

Поступила в редакцию 20.03.2024; поступила после рецензирования 24.04.2024; принята к публикации 25.04.2024

Received 20.03.2024; Revised 24. 04.2024; Accepted 25. 04.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-81-89>

УДК [633.854.78:577.1]:612.392.82

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Экстракция подсолнечного белка с применением ультразвукового излучения

Ирина В. Крылова<sup>1,2\*</sup>, Александр В. Федоров<sup>1,2</sup>,  
Мария Л. Доморощенкова<sup>2</sup>, Татьяна Ф. Демьяненко<sup>2</sup>,  
Лилия О. Шагинова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Университет ИТМО; Кронверкский пр-кт, 49, литер А, г. Санкт-Петербург,  
191119, Российская Федерация

<sup>2</sup> Всероссийский НИИ жиров; ул. Черняховского, 10Б, Санкт-Петербург,  
191119, Российская Федерация

**Аннотация.** Подсолнечный шрот является перспективным источником белка, который может применяться как пищевой ингредиент в рецептурах мясных, мучных и кондитерских изделий. Для выделения подсолнечного белка традиционно применяется технология щелочной экстракции, но ее эффективность может быть повышена с помощью физических методов: ультразвукового и микроволнового излучения, экстракции при повышенном давлении и других. Данная статья посвящена применению ультразвуковой обработки с целью повышения эффективности экстракции белка из обезжиренного растительного материала: из белковой фракции подсолнечного шрота и из подсолнечного шрота. Подготовку опытных проб к экстракции белка проводили с применением обработки опытных проб в ультразвуковой ванне в течение 15 минут при частоте 40 герц при температуре 24-28°C. Контрольную пробу такой предварительной обработке не подвергали. Затем из сырья выделяли белок методом щелочной экстракции с последующим изоэлектрическим осаждением. Показана возможность получения белкового продукта с более высоким содержанием сырого протеина (93,66% на сухое вещество) по сравнению с контрольным образцом. Определен массовый выход белка, составивший 64% от его содержания в сырье. Показано влияние ультразвуковой обработки на эффективность экстракции белка из сырья с различным содержанием сырого протеина. Результаты исследования показывают целесообразность применения ультразвука в получении белка подсолнечника. В частности, содержание сырого протеина в белковой пасте с помощью ультразвуковой обработки было повышено на 8,23% по сравнению с контрольной пробой. Сопоставление полученных результатов показало их соответствие с результатами других исследований. При этом существует лишь небольшое количество исследований, посвященных применению ультразвука при экстракции продуктов переработки подсолнечника.

**Ключевые слова:** подсолнечный белок, экстракция, ультразвук, частота, подсолнечный шрот, сырой протеин, выход белка

*Для цитирования:* Крылова И.В., Федоров А.В., Доморошченкова М.Л. и др. Экстракция подсолнечного белка с применением ультразвукового излучения. *Новые технологии / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-81-89>

## Ultrasonic treatment assisted extraction of sunflower protein

Irina V. Krylova<sup>1,2</sup>, Alexandr V. Fedorov<sup>1,2</sup>, Maria L. Domoroshchenkova<sup>2</sup>,  
Tatiana F. Demyanenko<sup>2</sup>, Liliya O. Shaginova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ITMO University; 49 Kronverksky prospect, letter A, St. Petersburg, 191119, the Russian Federation

<sup>2</sup> All-Russian Research Institute of Fats; st. 10B Chernyakhovsky St. Petersburg, 191119, the Russian Federation

**Abstract** Sunflower meal is a promising source of protein, which can be used as a food ingredient in the formulations of meat, flour and confectionery products. Alkaline extraction technology is traditionally used to obtain sunflower protein, but its efficiency can be increased using physical methods: ultrasound, microwave radiation, extraction at high pressure and others. This article deals with an application of the ultrasonic treatment for increase of the efficiency of protein extraction from defatted plant material: from the protein fraction of sunflower meal and from sunflower meal. The trial samples for protein extraction were prepared by the preliminary treatment of the samples in the ultrasonic bath for 15 minutes at a frequency of 40 hertz at temperature 24-28°C. The control sample was not subjected to such pretreatment. Then protein was isolated from the raw material by alkaline extraction followed by isoelectric precipitation. The possibility of the protein preparation isolation with a higher crude protein content (93,66% m.f.b) compared to the control sample has been shown. The mass yield of protein was 64% of its content in the raw material. The influence of ultrasonic treatment on the efficiency of protein extraction from raw material with different crude protein content is demonstrated. The results of the study show the feasibility of usage of ultrasound treatment in isolation of sunflower protein. In particular, the crude protein content in the trial protein sample after ultrasonic treatment was increased by 8,23% compared to the control sample. The obtained results demonstrated their consistency when compared to the results of other studies. However, there are only a limited number of studies on the use of ultrasound in the extraction of sunflower derived products.

A comparison of the results obtained showed their consistency with the results of other studies. However, there are only a small number of studies on the use of ultrasound in the extraction of sunflower processing products.

**Keywords:** sunflower protein, extraction, ultrasound, frequency, sunflower meal, crude protein, protein yield

*For citation:* Krylova I.V., Fedorov A.V., Domoroshchenkova M.L. et al. Extraction of sunflower protein using ultrasonic radiation. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-81-89>

**Введение.** Подсолнечный белок, полученный из жмыхов и шротов, может применяться в пищевой промышленности для включения в рецептуры пищевых продуктов. Для обогащения растительным белком он может быть добавлен в мучные, кондитерские и мясные изделия. Наиболее удобными формами подсолнечного белка для включения в пищевые продукты являются изоляты и концентраты. Технология получения белкового изолята подсолнечника основана на экстракции белка щелочными растворами с последующим осаждением и центрифугированием. Получаемый изолят характеризуется низким содержанием клетчатки и более высоким содержанием некоторых аминокислот (лизин, метионин, треонин) [1].

Щелочная экстракция белков основана на изменении их растворимости при различных значениях рН. Белки наиболее растворимы при щелочных условиях, так как заряженные и полярные группы взаимодействуют с молекулами растворителя – воды. На растворимость влияют также взаимодействия белков друг с другом и с растворителем, строение белка – гидрофильно-гидрофобный баланс поверхности белковой молекулы. Температура процесса щелочной экстракции должна быть достаточно низкой, чтобы не вызывать денатурацию белка и сохранить его структуру наиболее близкой к нативной. В некоторых случаях процесс ведут при повышенной температуре, чтобы вызвать частичную или полную денатурацию и повлиять таким образом на функциональные характеристики белка (например, способность к гелеобразованию). Другими параметрами процесса щелочной экстракции являются скорость перемешивания (зависящая от используемого оборудования), продолжительность процесса (от одного часа до суток) и соотношение массы сырья к объему растворителя (от 1:4 до 1:15) [2, 3].

Помимо щелочной экстракции существуют инновационные технологии извлечения растительных белков. К ним относятся:

экстракция сверхкритическими растворителями, экстракция с применением ферментов, применение ультразвука, микроволновая экстракция, электростатическая сепарация и другие физические методы [4, 5]. Применение данных методов направлено на более полное сохранение нативной структуры и функционально-технологических свойств белка, сокращение времени процесса и количества растворителя [3, 6]. Эти методы могут также применяться в сочетании со щелочной экстракцией.

Экстракция с применением ультразвука – способ интенсификации массопереноса, позволяющий более эффективно использовать сырье. Для обработки пищевого сырья чаще всего используются ультразвуковые волны с частотой от 20 до 100 кГц [7, 8]. Экстракция с применением ультразвука сочетает в себе термический, механический и кавитационный эффект. Эти воздействия разрушают клеточные стенки растительного сырья, способствуют проникновению растворителя внутрь клетки и влияют на внутреннюю структуру клетки. При этом содержимое клетки, включая целевой продукт, переходят в раствор, что повышает выход процесса экстракции [9, 10]. В исследованиях по экстракции с применением ультразвука были изучены такие виды сырья, как миндаль, перилла, рапс, арахис, соя, подсолнечник, рис, горох и другие [4]. В большинстве исследований выход белка был повышен по сравнению с выходом при экстракции традиционными методами, одновременно повысились растворимость и функциональные свойства белков [11, 12].

На эффективность экстракции с применением ультразвука влияет ряд параметров: интенсивность и продолжительность воздействия ультразвука, температура, давление, рН раствора, соотношение твердого материала к растворителю, размер и форма реактора [13]. Высокоинтенсивное ультразвуковое воздействие применяется для повышения функционально-технологических свойств пищевых ингредиентов различного состава [14, 15, 16].

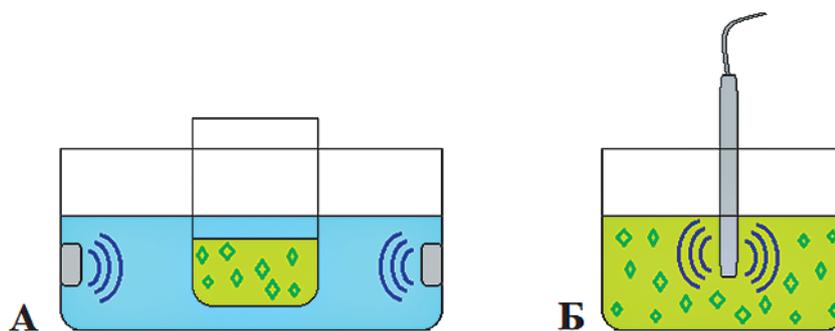


Рис. 1. Разновидности ультразвуковых установок

Fig. 1. Types of ultrasonic installations

Ультразвуковая установка может представлять собой ультразвуковую ванну (рис. 1 А) или сонотрод (рис. 1 Б). В первом случае исследуемый раствор помещают в емкость, которую ставят в резервуар ультразвуковой ванны, заполненной рабочей жидкостью, с излучателями по сторонам. Во втором случае ультразвуковой излучатель (сонотрод) погружают непосредственно в исследуемый раствор. Ультразвуковая ванна обеспечивает более равномерное распространение ультразвука по всему объему раствора и во всех направлениях [17, 18, 19].

Целью данного исследования было определение влияния предварительной ультразвуковой обработки на эффективность экстракции растительного сырья. Для этого решались следующие задачи: сравнение экстракции сырья, обработанного и необработанного ультразвуком; изучение влияния ультразвука на сырье различного состава; определение массового выхода сырого протеина при ультразвуковой экстракции. В качестве исследуемого объекта был выбран подсолнечный шрот и продукты его переработки.

**Материалы и методы.** В качестве объектов исследования были выбраны подсолнечный шрот и продукт его переработки – белковая фракция. Белковая фракция (Образец 1) была получена путем механического измельчения шрота на электрической мельнице ЭМ-3А (ТУ

46-22-26-84) и просеивания сквозь сито с размером ячеек 0,25 мм. Такая обработка шрота приводит к повышению уровня белка и снижению уровня клетчатки. В данном случае белковая фракция содержала 41,08% сырого протеина на а.с.в., 22,67% сырой клетчатки на а.с.в. и 8,28% влаги.

Подсолнечный шрот (Образец 2) российского производства (ГОСТ 11246-96) содержал 34,75% сырого протеина на а.с.в., 27,21% сырой клетчатки на а.с.в., 1,81% жира на а.с.в. и 9,59% влаги.

Для проведения ультразвуковой обработки использовали ванну ультразвуковую Stegler 3DT емкостью 3 л, с мощностью ультразвука 120 Вт и частотой 40 кГц. Ультразвуковую обработку образца проводили в течение 15 минут при температуре 24–28°C (повышение температуры происходит в процессе воздействия ультразвука).

Выделение белка проводили методом щелочной экстракции 0,1% водным раствором гидроксида натрия при соотношении материала к раствору 1:10 и температуре 55°C в течение 30 минут. После проведения экстракции отделяли центрифугированием нерастворимый осадок. Из жидкости осаждали белок в изоэлектрической точке 10% водным раствором соляной кислоты. После центрифугирования получали влажный осадок, представлявший собой белковую пасту.

В полученной белковой пасте определяли содержание сухих веществ методом

высушивания до постоянного веса при 105°C. Содержание сырого протеина в белковой пасте определяли методом Кьельдаля с применением анализатора азота KjelFlex K-360. Все измерения влаги и сырого протеина выполняли в двух повторностях, вычисляя значение как среднее двух измерений.

**Результаты и обсуждение.** В исследовании [20], посвященном экстракции подсолнечного белка, проводили его предварительную обработку ультразвуковым излучением. В качестве сырья также брали подсолнечный шрот с размером частиц 0,25 мм с содержанием белка около 30%. По результатам исследования, при облучении ультразвуком в течение 15 мин,

количество белка в растворе выходит на плато и при увеличении времени остается на том же уровне. Исходя из этого, время обработки ультразвуковым излучением в данном исследовании было выбрано равным 15 минутам. Частота ультразвука составляла 20 и 28 кГц, при этом с повышением частоты повышался выход белка. В данном исследовании было использовано оборудование с частотой ультразвука 40 кГц. Следует учесть, что использованное оборудование представляло собой сонород – излучатель ультразвука, который погружают в раствор, а в данном исследовании была использована ультразвуковая ванна. Схема проведенных экспериментов представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Схема экспериментов

Fig. 2. Scheme of experiments

В качестве контрольного измерения (Опыт 1) была проведена экстракция Образца 1 (41,08% сырого протеина на а.с.в.) без ультразвуковой обработки. Первые 15 минут после добавления щелочного раствора навеску образца массой 15 г выдерживали при комнатной температуре при перемешивании. Затем проводили щелочную экстракцию 0,1% раствором гидроксида натрия, при перемешивании на водяной бане с температурой 55°C. Осадок, оставшийся после экстракции, от-

деляли центрифугированием в течение 15 минут при 3000 об/мин. Осаждение белка из надосадочной жидкости проводили 10% раствором соляной кислоты в изоэлектрической точке. После центрифугирования при тех же условиях получали в качестве осадка белковую пасту. Содержание сырого протеина на абсолютно сухое вещество в полученной белковой пасте составило 85,43%.

Для изучения ультразвукового воздействия на состав белковых продуктов

(Опыт 2) была проведена экстракция образца 1 (41,08% сырого протеина на а.с.в.) с предварительной обработкой ультразвуком. Обработку проводили в ультразвуковой ванне с частотой 40 кГц в течение 15 мин, при перемешивании, при температуре рабочей жидкости 28°C.

Затем проводили щелочную экстракцию и осаждение белка при тех же условиях, что и в контрольном измерении. Содержание сырого протеина на абсолютно сухое вещество в полученной белковой пасте составило 93,66%, то есть на 8,23% больше, чем в контрольном измерении.



Рис. 3. Обработка образцов в ультразвуковой ванне

Fig. 3. Treatment of samples in an ultrasonic bath

Чтобы изучить влияние состава сырья на состав белковых продуктов (Опыт 3), была проведена экстракция Образца 2 (34,75% сырого протеина на а.с.в.) с предварительной обработкой ультразвуком. Обработку образца ультразвуком проводили при тех же условиях, что и для Образца 1. Затем проводили щелочную экстракцию и осаждение белка при тех же условиях, что и в контрольном изме-

рении. Содержание сырого протеина на абсолютно сухое вещество в полученной белковой пасте составило 85,13%. Это значение незначительно отличается от полученного в контрольном измерении, несмотря на то, что содержание белка в сырье в данном случае было на 6,33% ниже. Состав белковых продуктов, полученных во всех трех опытах, представлен в таблице 1.

Таблица 1

Состав белковых продуктов

Table 1

Composition of protein products

Состав продукта	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
Влага, %	80,78 ± 0,01	78,85 ± 0,01	84,22 ± 0,01
Сырой протеин, %	16,42 ± 0,5	19,81 ± 0,5	13,43 ± 0,5
Сырой протеин, % а.с.в.	85,43 ± 0,5	93,66 ± 0,5	85,13 ± 0,5

В Опыте 3 дополнительно был определен массовый выход белка. Масса навески составляла 38 г, количество белка на исходное вещество 31,53%. Таким образом, навеска содержала 12 г белка. Белковая паста с содержанием сырого протеина 13,43% и массой 57 г содержала 7,7 г белка. Массовый выход белка в данном опыте составил  $(7,7 \cdot 100) / 12 = 64\%$ .

Полученные результаты можно сравнить с предыдущими исследованиями. Например, при щелочной экстракции бобов вигны с применением ультразвука [21] был получен продукт с содержанием сырого протеина 77,3% (после высушивания). В качестве сырья была взята обезжиренная мука из бобов вигны с содержанием белка 26,4%, продолжительность воздействия ультразвука составляла 20 минут. Для получения белка из семян конопли [22] проводили ферментативный гидролиз, после чего применяли ультразвук с частотой 20 кГц в течение 8 минут. При этом содержание белка в полученных продуктах составляло от 92,4% до 94,3%. При экстракции семян акебии [15], содержащих 20,84% протеина и обработанных в ультразвуковой ванне в течение 60 минут, был получен белковый продукт с содержанием протеина 54,17%. Приведенные значения сравнимы с результатом (93,66%), полученным в данном исследовании. Разброс значений можно объяснить различиями в составе сырья, а также условиях ультразвуковой обработки.

При ультразвуковой экстракции бобов вигны [11] был достигнут выход белка 26,72% после 210 минут экстракции. Однако в другом исследовании экстракции бобов вигны [21] применение ультразвука повысило выход белка с 32% (контроль)

до 59%. Использование ультразвукового излучения при получении белка конопли [22]: выход белка составлял от 35,1% до 49,7% в зависимости от условий экстракции. При ультразвуковой экстракции семян акебии (в ультразвуковой ванне в течение 60 минут) [15] выход белка составил 20,84%. Воздействие ультразвука на семена кунжута [7]: был достигнут выход белка 59,8%. Таким образом, выход белка при ультразвуковой экстракции составлял, в зависимости от сырья и от параметров процесса, от 20,84% до 59,8%. Полученный в данном исследовании выход в 64% также соответствует этим значениям.

**Выводы.** В данном исследовании было изучено воздействие ультразвука на растительное сырье при извлечении белка. Было показано повышение содержания сырого протеина в полученных продуктах. После ультразвуковой обработки исследуемых образцов содержание сырого протеина в полученной белковой пасте было на 8,23% выше, чем в контроле. Достигнутый при этом уровень сырого протеина в продукте (93,66% на сухое вещество) соответствует результатам аналогичных исследований ультразвуковой экстракции. Кроме того, при ультразвуковой обработке сырья с меньшим (на 6,33%) содержанием белка был получен белковый продукт с таким же уровнем сырого протеина, как из высокобелкового сырья. Выход белка после обработки ультразвуком составил 64%, что превышает результаты, полученные в некоторых аналогичных исследованиях. Таким образом, обработка растительного сырья (в частности подсолнечного шрота) ультразвуком способствует повышению эффективности экстракции белка.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES:

1. Stepycheva N.V., Makarov S.V., Kucherenko P.N. Secondary material resources of oil-producing plants. Russ J Gen Chem. 2021; 82: 969-976.
2. Li J., Wang W., Xu W. et al. Evaluation of multiscale mechanisms of ultrasound-assisted extraction from porous plant materials: Experiment and modeling on this intensified process. Food Research International. 2024; 182: Article 114034.

3. Kleekayai T., Khalesi M., Amigo-Benavent M. et al. Enzyme-Assisted Extraction of Plant Proteins. In: Hernández-Álvarez A.J., Mondor M., Nosworthy M.G. Green Protein Processing Technologies from Plants. Springer, Cham; 2023.
4. Jahan K., Ashfaq A., Younis K. et al. A review of the effects of ultrasound-assisted extraction factors on plant protein yield and functional properties. Food Measure. 2022; 16: 2875-2883.
5. Navaf M., Sunooj K.V., Aaliya B. et al. Contemporary insights into the extraction, functional properties, and therapeutic applications of plant proteins. Journal of Agriculture and Food Research. 2023; 14: Article 100861.
6. Sorita G.D., Leimann F.V., Ferreira S.R.S. Phenolic Fraction from Peanut (*Arachis hypogaea* L.) By-product: Innovative Extraction Techniques and New Encapsulation Trends for Its Valorization. Food Bioprocess Technol. 2023; 16: 726-748.
7. Shen L., Pang S., Zhong M. et al. A comprehensive review of ultrasonic assisted extraction (UAE) for bioactive components: Principles, advantages, equipment, and combined technologies. Ultrasonics Sonochemistry. 2023; 101: Article 106646.
8. Kamal H., Ali A., Manickam S. et al. Impact of cavitation on the structure and functional quality of extracted protein from food sources – An overview. Food Chemistry. 2023; 407: Article 135071.
9. Hadidi M., Aghababaei F., McClements D.J. Enhanced alkaline extraction techniques for isolating and modifying plant-based proteins. Food Hydrocolloids. 2023; 145: Article 109132.
10. Friolli M.P.S., Silva E.K., Napoli D.C.S. et al. High-intensity ultrasound-based process strategies for obtaining edible sunflower (*Helianthus annuus* L.) flour with low-phenolic and high-protein content. Ultrasonics Sonochemistry. 2023; 97: Article 106449.
11. Yang C., Liu W., Zhu X. et al. Ultrasound-assisted enzymatic digestion for efficient extraction of proteins from quinoa. LWT. 2024; 194: Article 115784.
12. Liu X., Wang M., Xue F. et al. Application of ultrasound treatment to improve the technofunctional properties of hemp protein isolate. Future Foods. 2022; 6: Article 100176.
13. Grossmann L., McClements D. J. Current insights into protein solubility: A review of its importance for alternative proteins. Food Hydrocolloids. 2023; 137: Article 108416.
14. Islam Z., Mir N. A., Gani A. Effect of controlled enzymatic treatment on the physicochemical, structural and functional properties of high-intensity ultrasound treated album (*Chenopodium album*) protein. Food Hydrocolloids. 2023; 144: Article 108940.
15. Jiang Y., Zhou X., Zheng Y. et al. Impact of ultrasonication/shear emulsifying/microwave-assisted enzymatic extraction on rheological, structural, and functional properties of *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. seed protein isolates. Food Hydrocolloids. 2021; 112: Article 106355.
16. Das R.S., Tiwari B.K., Chemat F. et al. Impact of ultrasound processing on alternative protein systems: Protein extraction, nutritional effects and associated challenges. Ultrasonics Sonochemistry. 2022; 91: Article 106234.
17. Kumar M., Tomar M., Potkule J. et al. Advances in the plant protein extraction: Mechanism and recommendations. Food Hydrocolloids. 2021; 115: 106595.
18. Khadhraoui B., Ummat V., Tiwari B.K. et al. Review of ultrasound combinations with hybrid and innovative techniques for extraction and processing of food and natural products. Ultrasonics Sonochemistry. 2021; 76: Article 105625.
19. Ampofo J., Ngadi M. Ultrasound-assisted processing: Science, technology and challenges for the plant-based protein industry. Ultrasonics Sonochemistry. 2022; 84: Article 105955.
20. Dabbour M., Jiang H., Mintah B.K. et al. Ultrasonic-assisted protein extraction from sunflower meal: Kinetic modeling, functional, and structural traits. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2021; 74: Article 102824.

21. Loushigam G., Shanmugam A. Modifications to functional and biological properties of proteins of cowpea pulse crop by ultrasound-assisted extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2023; 97: Article 106448.

22. Karabulut G., Kapoor R., Feng H. Biotransformation approaches using solid-state fermentation and germination with high-intensity ultrasound to produce added-value hemp protein nanoaggregates. *Food Bioscience*. 2023; 56: Article 103400.

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Ирина Владимировна Крылова**, аспирант, научный сотрудник, Университет ИТМО, НИИ жиров  
irinakrylova1987@gmail.com

**Irina V. Krylova**, Post graduate student, Researcher, ITMO University, Research Institute of Fats  
irinakrylova1987@gmail.com

**Александр Валентинович Федоров**, доктор технических наук, доцент факультета биотехнологий, Университет ИТМО, Всероссийский НИИ жиров  
alval58@yandex.ru

**Alexander V. Fedorov**, Dr Sci. (Engineering), Associate Professor, the Faculty of Biotechnology, ITMO University, All-Russian Research Institute of Fats  
alval58@yandex.ru

**Мария Львовна Доморощенко**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, доцент, заведующий отделом производства пищевых растительных белков и биотехнологии, Всероссийский НИИ жиров  
mdomor@mail.ru

**Maria L. Domoroshchenkova**, PhD (Engineering), Leading Researcher, Associate Professor, Head of the Department of Production of Food Vegetable Proteins and Biotechnology, All-Russian Research Institute of Fats  
mdomor@mail.ru

**Татьяна Федоровна Демьяненко**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский НИИ жиров  
tandem.50@list.ru

**Tatyana F. Demyanenko**, PhD (Engineering), Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Fats  
tandem.50@list.ru

**Лилия Олеговна Шагинова**, младший научный сотрудник, Всероссийский НИИ жиров  
pumarj@mail.ru

**Liliya O. Shaginova**, Junior researcher, All-Russian Research Institute of Fats  
pumarj@mail.ru

#### **Заявленный вклад соавторов**

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

#### **Claimed contribution of co-authors**

All authors of the research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of this article have read and approved the final version submitted.

Поступила в редакцию 19.03.2024; поступила после рецензирования 22.04.2024; принята к публикации 23.04.2024  
Received 19.03.2024; Revised 22.04.2024; Accepted 23.04.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-90-104>

УДК 547.474.3:661.188

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Глицерин как альтернативный растворитель для экстракции глицирризиновой кислоты из корней Солодки голой *Glycyrrhiza glabra*

Кристина Н. Ларичева\*, Ульяна Г. Гришина

*Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого;  
ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41, г. Великий Новгород,  
173003, Российская Федерация*

**Аннотация.** Экстракты корней Солодки являются одними из наиболее распространенных и широко используемых растительных экстрактов. За счет высокого содержания биологически активных веществ и выраженных свойств они находят свое применение в разных отраслях – в медицине, фармакологии, косметической и пищевой промышленности. В подземной части Солодки содержится более 100 различных химических веществ, наибольшей биологической активностью из которых обладают флавоноиды и тритерпеновые сапонины. Наиболее значимым сапонином является глицирризиновая кислота. Науке известно множество способов получения солодкового экстракта, и до сих пор активно проводятся исследования по поиску еще более эффективных, недорогих и доступных методов.

**Целью** данного исследования являлось изучение возможности и потенциала глицерина как растворителя для извлечения глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra*.

**Методы.** Выделение глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra* проводили методом мацерации. В качестве экстрагента испытывались глицерин и классический экстрагент этанол для сравнительного анализа. Определение содержания глицирризиновой кислоты в корнях солодки голой проводили с использованием дифференциальной спектрофотометрии.

**Результаты.** Подобраны оптимальные условия экстракции глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra*. Максимальное содержание глицирризиновой кислоты наблюдалось в образце, приготовленном при соотношении вода-глицерин 3:2.

**Научная новизна** работы состоит в исследовании возможности использования глицерина в качестве растворителя для экстракции и подборе оптимальных условий экстракции глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra* с целью повышения уровня извлеченности целевого вещества.

**Ключевые слова:** экстракция, глицирризиновая кислота, корни Солодки голой *Glycyrrhiza glabra*, водно-глицериновый экстракт

*Для цитирования:* Ларичева К.Н., Гришина У.Г. Глицерин как альтернативный растворитель для экстракции глицирризиновой кислоты из корней Солодки голой *Glycyrrhiza glabra*. *Новые технологии / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-90-104>

## Glycerin as an alternative solvent for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra*

Kristina N. Laricheva\*, Ulyana G. Grishina

*Yaroslav the Wise Novgorod State University; 41 Bolshaya St. Petersburgskaya str., Veliky Novgorod, 173003, the Russian Federation*

**Abstract.** Licorice root extracts are one of the most common and widely used plant extracts. Due to the high content of biologically active substances and pronounced properties, they are used in various industries – in medicine, pharmacology, cosmetics and food industries. The underground part of Licorice contains more than 100 different chemical substances, the most biologically active of which are flavonoids and triterpene saponins. The most significant saponin is glycyrrhizic acid. Science knows many ways to obtain licorice extract, and the research is still being actively carried out to find even more effective, inexpensive and accessible methods.

The purpose of the research was to investigate the feasibility and potential of glycerol as a solvent for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra*.

The methods. Isolation of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra* was carried out using the maceration method. Glycerin and the classic extractant ethanol were tested as an extractant for comparative analysis. Determination of glycyrrhizic acid content in licorice *glabra* roots was carried out using differential spectrophotometry.

The Results. Optimal conditions for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra* were selected. The maximum content of glycyrrhizic acid was observed in the sample prepared at a water-glycerol ratio of 3:2.

The scientific novelty of the work lies in the study of the possibility of using glycerol as a solvent for extraction and the selection of optimal conditions for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra* in order to increase the level of extraction of the target substance.

**Keywords:** extraction, glycyrrhizic acid, roots of *Glycyrrhiza glabra*, water-glycerol extract

*For citation:* Laricheva K.N., Grishina U.G. *Glycerin as an alternative solvent for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of Glycyrrhiza glabra*. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-90-104>

**Введение. Постановка проблемы (Introduction).** В настоящее время в медицинской практике важное место принадлежит лекарственным средствам растительного происхождения, так как они обладают широким спектром биологического действия,

что позволяет использовать их для профилактики и лечения многих заболеваний. Лекарственные средства, получаемые из растений (фитопрепараты), входят более чем в 85 фармакотерапевтических групп лекарственных средств и в большинстве

своим не имеют равноценных синтетических заменителей [1].

Солодка (*Glycyrrhiza*) – род растений из семейства Бобовых (*Fabaceae*). Это многолетнее травянистое растение, имеющее одиночный стебель высотой до 150–200 см и корневище стержневого типа. Листья сложные, непарноперистые. Цветки расположены в пазухах листьев и имеют венчик мотылькового типа [2].

Солодку можно назвать космополитом, поскольку она охватывает обширные зоны распространения. По отношению к увлажненности она относится к мезоксерофитам и эвримезофитам, к засоленности почв – мезогалофитом [3]. В природе солодка произрастает в поймах рек, в степных и лугостепных просторах, в полупустынях, на лугах. Определено, что наибольшей экологической пластичностью обладают пойменные экотипы солодки, а также они имеют на 30–40% более продуктивные корни, чем экотипы степные [4]. Основной массив рода сконцентрирован на территории Евразии, а наиболее крупные заросли встречаются в Средней и Центральной Азии [5]. В России и субъектах РФ активно ведутся исследования, направленные на изучение ареалов обитания солодок: места распространения и занимаемые площади, условия произрастания, растительные сообщества и прочее [3, 6].

На сегодняшний момент солодка включает 45 видов [7], 3 из которых обладают лекарственными свойствами и поэтому используются в практических целях – солодка голая (*G. Glabra* L.), солодка уральская (*G. uralensis*) и солодка Коржинского (*G. korshinskyi*). Последняя внесена в Красную книгу РФ, почему ее использование человеком ограничено. Кроме того, солодка уральская и солодка голая внесены в красные книги некоторых областей России как виды, находящиеся под угрозой исчезновения. Совместно с перечисленными выше группами обитает и солодка щетинистая (*Glycyrrhiza echinata*), которая имеет почти неотличи-

мые от них морфологические признаки, поэтому разрабатываются новые способы идентификации растительного сырья [8].

Биологические эффекты Солодки голы на организм подробно представлены в работе [9]. Широкий спектр фармакологической активности обусловлен химическим составом данного вида сырья, а именно наличием различных групп биологически активных соединений (БАС), наибольший интерес из которых представляют тритерпеновые сапонины: глицирризиновая кислота и ее производные [10, 11, 12, 13, 14].

Биологической ролью корневищ является запас значительного количества питательных веществ. Именно поэтому большой практической значимостью обладают подземные части солодки. В корнях содержится более 100 различных химических веществ, наибольшей биологической активностью из которых обладают флавоноиды (до 4,0%) и тритерпеновые сапонины.

Тритерпеновые сапонины содержат углеводную часть и часть, не имеющую углеводного остатка (агликон, или сапогенин). Наиболее значимым сапонином является глицирризиновая кислота (ГК) [5, 15], доля которой, по разным данным, может составлять до 23–25%. В корне солодки преимущественно содержится натриевая, калиевая, кальциевая или магниевая соль глицирризиновой кислоты (ГК) – глицирризин. Агликоном глицирризиновой кислоты является глицерритеновая кислота, а углеводная часть представлена двумя молекулами глюконовой кислоты. В некоторых исследованиях показано, что корни солодки уральской накапливают большее количество глицирризина, чем корни солодки голы [5, 16, 17].

В работе [3] было показано, что содержание глицирризиновой кислоты зависит от сезона, то есть лимитируется температурным, водным и другими факторами внешней среды. В осеннее время наблюдается большая концентрация ГК,

чем в летнее, почти на 4%. Также было установлено, что содержание сахаров коррелирует с содержанием ГК в обратную сторону. Максимальное содержание флавоноидов (до 3,38%) наблюдается во время цветения солодки.

Корень солодки обладает широким спектром действия на организм человека, благодаря чему многогранно применяется в производстве лекарственных препаратов. Биологически активное действие во многом обусловлено именно глицирризиновой кислотой. Например, благодаря своей структурной схожести с минералкортикоидными гормонами надпочечников она участвует в регуляции водно-солевого обмена в организме. Также она проявляет противовоспалительную, ранозаживляющую, противоаллергическую и иммуностропную активность. Большое значение ГК играет в лечении ВИЧ-инфекции, гепатита С, герпеса и других вирусных заболеваний. Флавоноиды, в особенности их изо-формы, проявляют антиоксидантную и противоопухолевую активность. Перечислена только малая часть лечебных свойств корней солодки – настолько они обширны.

Изучение механизмов биосинтеза глицирризина имеет большое практическое значение. Их понимание дает возможность получать более ценное сырье для дальнейшей переработки. Глициррин является вторичным метаболитом, то есть не участвует в процессах роста, развития и репродукции растения. В работе [17] исследовали влияние патогенных молекул (элиситоров) на концентрацию ГК в корнях лакрицы. По результатам исследования авторами выдвинуто предположение, что выработка глицирризиновой кислоты является защитной реакцией растений.

Глициррин обладает ярко выраженным сладким вкусом. По некоторым данным он более, чем в 40–50 раз слаще сахарозы. Экстракты корней солодки голой, также называемой лакричником, используются в производстве лакричных

леденцов [18], ириса молочного лакричного [19], что наделяет их лечебно-профилактическими свойствами при простудных заболеваниях.

Глициррин является официальной пищевой добавкой (E958), используемой в малых дозах как подсластитель, усилитель вкуса и аромата. Например, он применяется в производстве спортивных батончиков [20].

Известно применение корней солодки в качестве ароматизаторов и усилителей вкуса в табачной промышленности. Это курительный [21], жевательный и нюхательный табак [22]. Как подсластитель сухой экстракт корня солодки входит в состав жевательной антипохмельной композиции [23].

Раствор глицирризина обладает высокими пенообразующими свойствами. В работе [24] его использовали в качестве заменителя яичного белка в кислородных коктейлях, что, с одной стороны, обуславливает исключение риска заражения зооантропонозными инфекциями и понижает вероятность возникновения аллергической реакции, а с другой – позволяет получить более функционально полный продукт. Было показано, что экстракт корня солодки образует более устойчивые кислородные пены при меньшей концентрации, что также подтвердилось в работе [25]. Кроме того, благодаря сладкому вкусу глицирризина в полученные кислородные коктейли нет необходимости добавлять сахарозу, что позволяет их употребление лицами, страдающими сахарным диабетом. Как пенообразователь экстракт корня солодки достаточно долгое время используется в производстве халвы [26].

Корни солодки применяются в хлебобулочном и кондитерском производстве. В работе [27] показано, что экстракт корня солодки улучшает структурно-механические свойства макаронного теста: наблюдается повышение эластичности клейковины и увеличивается растяжимость теста в среднем на 10%. Также, в исследованиях

[28, 29], основанных на добавлении экстракта солодки в дрожжевое тесто, зафиксировано, что добавление экстракта корня солодки в тесто интенсифицирует процесс брожения, что позволяет не только ускорить процесс приготовления теста, но и уменьшить расход дрожжей.

Корни солодки внедряют и в кисломолочные продукты. В работе [30] йогурт обогащали биологически активными веществами солодки голый посредством внесения пищевой добавки. В результате было также подмечено, что с увеличением количества добавки увеличивается скорость ферментации молока. Это опять указывает на влияние биологически активных веществ солодки на процессы брожения.

Корень солодки имеет богатый элементный состав [31]. В работе [32] исследовали минеральный состав молока и молочного коктейля с экстрактом корней солодки. Было обнаружено, что молоко, обогащенное экстрактом, содержало большую долю микронутриентов, чем молоко необогащенное.

В настоящее время ярко выражено стремление общества к рациональному использованию ресурсов во всех сферах жизни. Поэтому внимание уделяется и шроту – отходам, полученным в результате переработки корней солодки [29]. В шроте остается значительное количество биологически активных веществ: анализ показал, что из него дополнительно можно извлечь до 22,9 % экстрактивных веществ [33], что дополнительно говорит о несовершенстве существующих методов экстракции.

В фармакологических целях и как добавки к продуктам питания корни солодки в основном используются в виде экстрактов. Экстракты представляют собой концентрированные вытяжки из сырья растительного или животного происхождения, полученные с использованием специального лабораторного оборудования и экстрагентов. Экстракты корней солодки могут быть жидкими, сухими.

С каждым годом наблюдается совершенствование методов экстракции растительного сырья. Некоторые методы полностью теряют свою актуальность, другие – корректируются, оптимизируются. Это позволяет увеличить степень извлечения веществ, обеспечить большую чистоту получаемых экстрактов. Современные методики стараются разрабатывать с учетом принципов экологической безопасности, что подразумевает собой минимизацию рисков возникновения взрывов и пожаров. Достичь такого можно посредством ухода от органических растворителей, главным минусом которых являются токсичные испарения; избеганием экстремальных температур и давлений; упрощением технологических способов извлечения веществ; использованием только качественного и относительно безопасного лабораторного оборудования и прочее. При проведении экстракции любого сырья важно также соответствовать зонам оптимальных значений с целью недопущения термического, химического или иного типа разложения целевых веществ.

Методов экстракции ГК достаточно много, и в большинстве в качестве растворителя используется этанол. Классический метод, основанный на мацерации (настаивании) измельченного сырья, до сих пор не теряет свою актуальность, несмотря на длительность процесса, малую степень извлеченности ГК и большого количества балластных веществ в экстракте. Большинство растворителей необходимо удалять (спирт, ацетон, неорганические кислоты и др.), их остаточное содержание в экстракте зависит от целей его получения. Метод мацерации характеризуется простотой, применением минимального оборудования, однако он уступает другим способам в чистоте полученного экстракта и степени извлечения веществ, а также характеризуется высокой продолжительностью. На постоянной основе ученые экспериментируют с растворителями, происходит преобразование существующих

методов. Так, особой актуальностью пользуются растворители, соответствующие положениям экологической безопасности: так называемые «зеленые растворители». Например, в работе [34] для извлечения ГК из корней солодки рассматривали технологический потенциал природных глубоких эвтектических растворителей (НАДЭС). Такой метод не только обеспечивает большой выход ГК, но и является более экологически безопасным за счет биоразлагаемости, негорючести этих веществ.

В лабораторных условиях часто применяют метод перколяции. Он основан на непрерывной фильтрации экстрагента через растительный материал. Классическое оборудование – экстрактор Сокслета, который устанавливается на круглодонную колбу, погруженную в водяную баню, и оснащается обратным холодильником. Растительное сырье, завернутое в плотную бумагу или картон, помещают в центр экстрактора, а растворитель заливают в колбу. Испаряясь, пары экстрагента поднимаются к обратному холодильнику через боковой отвод, где конденсируются и попадают на растительное сырье. Так обеспечивается цикличность процесса. На производствах применяют крупные установки, называемые перколяторами. В сравнении с мацерацией, перколяция характеризуется значительно меньшей продолжительностью экстракции, а также обуславливает большую чистоту полученного экстракта.

Зарубежными исследователями разработан метод экстракции глицирризиновой кислоты из корней солодки при помощи микроволн [35]. Максимальный выход наблюдается уже на 5–6 минуте, в то время как при использовании метода мацерации соответствующее количество глицирризиновой кислоты извлекается по прошествии 3–5 дней. Таким образом, данный метод позволяет значительно сократить время проведения экстрагирования и уменьшить количество растворителя. Похожими свойствами обладает и другая зарубежная технология – ультразвуковая экстракция [36].

Степень извлечения ГК таким способом составляет порядка 3,56%, что по современным меркам считается достаточно малоэффективным.

Российскими учеными разработана схема извлечения основных классов биологически активных веществ корней солодки путем последовательной жидкостно-твердофазной экстракции [37]. Особенностью данного метода является то, что извлечение глицирризиновой кислоты предлагается из шрота после выделения из корня солодки других биологически активных веществ. Этот способ позволяет упростить процесс очистки глицирризиновой кислоты для фармацевтических целей. В приведенном исследовании целевое вещество извлекали применением ацетона с минеральной кислотой и раствора щелочи. Наибольшей эффективностью обладала двухэтапная экстракция, экстрагентом которой выступал раствор гидроксида натрия.

В работе [38] впервые для извлечения ГК из корней солодки применяется метод динамической субкритической экстракции водой. В качестве экстрагента используется нагретая вода под давлением с температурой, превышающей температуру ее кипения при атмосферном давлении. Повышение температуры воды способствует увеличению растворимости ГК. Максимальное извлечение ГК в условиях динамической экстракции наблюдается при 150°C, но при дальнейшем увеличении температуры до 170°C степень извлечения понижается, что связано с термодеструкцией. Помимо высокой степени извлечения ГК (10,7%), метод гордится уходом от применения органических экстрагентов. Результаты показали, что выход глицирризиновой кислоты при применении данного метода значительно выше, чем при использовании статистического режима экстракции с этанолом [39].

В отношении глицирризиновой кислоты начинают применять и сверхкритическую CO<sub>2</sub> экстракцию [40]. Метод относи-

тельно новый, он основан на приведении диоксида углерода в такое состояние, когда он одновременно проявляет свойства и жидкости, и газа при создании специальных «сверх» условий (давления выше 7,38 МПа и температуры выше 31,6°C, т. е. выше критических точек CO<sub>2</sub>). Проведенные работы показывают, что данный способ извлечения ГК из корней солодки характеризуется быстрой скоростью процесса (до 60 мин.), высокой степенью извлечения ГК, чистотой полученного экстракта, а также относительной простотой проведения. С экологической точки зрения он является достаточно безопасным, поскольку используются невысокие давления и температуры, а сам диоксид углерода является нетоксичным и инертным соединением [41]. Поскольку CO<sub>2</sub> является неполярным растворителем, требуется внесение дополнительного полярного растворителя, которым служит этанол.

Оба приведенных выше способа характеризуются быстрой скоростью процесса (до 30–60 мин.), высокой степенью извлечения целевого соединения, селективностью экстракции, а также относительной простотой проведения. С экологической точки зрения указанные методы входят в раздел «зеленой химии», стремящейся перейти от органических растворителей и повышенных значений физических величин (конкретно температуры).

Таким образом, с каждым годом наблюдается совершенствование методов экстракции растительного сырья. Все модификации направлены на снижение продолжительности процесса и повышение его результативности, на получение наиболее чистого продукта и, конечно, упрощение технологических способов извлечения веществ. Для большинства новых методов экстракции, в том числе описанных выше, необходимы дорогостоящие, иногда массивные установки, недоступные малым предприятиям и лабораториям.

Проведенный информационно-патентный анализ показывает, насколько

многообразно значение солодки. В патентной литературе известны разные способы выделения и очистки извлечений из корня солодки с целью получения глицирризина, а также выделения и очистки самой глицирризиновой кислоты (ГК), но имеют ряд недостатков. Извлечение сапонинов из растительного сырья проводят различными растворителями: водой или водными смесями со щелочью, этанолом, ацетоном, этиленгликолем, диоксаном, а также чистыми растворителями и в различных технологических условиях [42, 43]. Анализ методов экстракции показал, что глицерин в качестве растворителя для выделения глицирризиновой кислоты из корней солодки ранее не применялся. В то время как глицерин обладает рядом преимуществ перед классическими экстрагентами: высокое значение полярности (при 25°C  $\epsilon = 42,5$ ), нелетучесть, нетоксичность. В связи с чем подбор и оптимизация методов экстракции ГК позволит повысить уровень извлеченности целевого вещества и минимизацию затрат (временных, трудовых и материальных).

**Цель исследования** – оценить потенциал использования глицерина в качестве растворителя и определить оптимальные условия экстракции глицирризиновой кислоты из корней солодки.

**Методология и методы исследования (Methods).** Эксперимент проводили в производственной лаборатории ООО «Эв-клуб» (г. Великий Новгород, Россия) и в учебно-научной исследовательской лаборатории Института биотехнологий и химического инжиниринга Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого (г. Великий Новгород, Россия). Для приготовления экстрактов использовали сырье – корни солодки голой, глицерин 99,7%, спирт этиловый 75%, воду дистиллированную.

Приготовление экстрактов осуществлялось методом мацерации с предварительным нагреванием до 70±2°C в течение 1 часа. Время настаивания – 7 суток.

Гидромуль (соотношение сырье-экстрагент) в водно-глицериновых экстрактах равен 1:15, в водно-спиртовых – 1:4 соответственно. Соотношение вода-глицерин для водно-глицериновых экстрактов равно 1:1 (образец ВГ1), 2:3 (образец ВГ2), 3:2 (образец ВГ3) и 7:3 (образец ВГ4), концентрация спирта для водно-спиртовых экстрактов (ВС) – 75%.

Количественный анализ экстрактов проводили согласно методике, описанной в ФС.2.5.0040.15 «Солодки корни» [44].

Использовались вода дистиллированная, ацетон, спирт этиловый 75%, азотная кислота 50%, аммиак водный 25%, фильтр бумажный; встряхивающий аппарат MLW THYS-2, pH-метр pH-150МИ, спектрофотометр UNICO SQ-4802.

**Результаты (Results).** Были получены 4 образца водно-глицериновых и 1 образец водно-спиртового экстрактов для сравнительного анализа. Результаты математической обработки данных представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1

Математическая обработка данных количественного анализа экстрактов

Table 1

**Mathematical processing of data from quantitative analysis of extracts**

Образец	Условное обозначение, образец №	Содержание ГК, %			X	σ	
		1	2	3			
Сырье сухое	С0	5,195	5,137	5,189	5,173	0,024	
Водно-глицериновые экстракты	1	ВГ1	0,839	0,829	0,829	0,828	0,009
	2	ВГ2	0,911	0,928	0,839	0,893	0,036
	3	ВГ3	1,065	1,120	1,109	1,098	0,022
	4	ВГ4	1,114	1,069	1,048	1,077	0,025
Водно-спиртовой экстракт	ВС	0,899	0,872	0,895	0,889	0,011	

Таблица 2

Выход глицирризиновой кислоты в экстрактах относительно ее содержания в сухом сырье

№ образца	ВГ1	ВГ2	ВГ3	ВГ4	ВС
Содержание ГК	0,827±0,009	0,893±0,036	1,098±0,022	1,077±0,025	0,899±0,011
Выход ГК, %	16,003	17,269	21,231	20,819	17,184

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion).** Получение экстрактов из растительного сырья заставляет искать условия экстракции, при которых выход биологически активных веществ максимален, а их разрушение под действием температуры и растворителей минимально. Применение этанола и других органи-

ческих растворителей хотя и способствует достаточно высокому извлечению биологически активных веществ из растительного материала, но эти растворители нестабильны и легко деградируют, поскольку большинство технологий переработки проходит при повышенных температурах. Остаток экстрагента, присутствующий в

экстрактах, является другим недостатком экстракции с растворителем [45].

Все производственные процессы стремятся к постоянной оптимизации, задачами которой являются повышение общей эффективности производства со снижением затрат: как ресурсных и финансовых, так и временных. Важное место занимают позиции биологической безопасности, касающиеся вопросов безопасности сотрудников, окружающей природы и готовых продуктов. Большое внимание уделяется совершенствованию технологии и технических средств экстрагирования растворимых веществ из растительного сырья. Это позволяет увеличить степень извлечения веществ, обеспечить большую чистоту получаемых экстрактов.

Как видно из представленных данных при заданных условиях наибольшую концентрацию глицирризиновой кислоты содержит образец ВГ3, приготовленный при соотношении вода-глицерин 3:2, а наименьшую – образец ВГ1, приготовленный при 2:3. Выход глицирризиновой кислоты в водно-глицериновых экстрактах можно отразить следующим рядом

$2:3 < 1:1 < 7:3 < 3:2$  (соотношение вода-глицерин). Когда масса воды меньше массы глицерина в экстрагенте (образец ВГ1), происходит заметное снижение экстрагирующей способности глицерина, в то время как заметный «избыток» (образец ВГ4) лишь немного уступает по эффективности оптимальному значению. Таким образом, использование глицерина в качестве экстрагента требует добавления воды в количестве большем количестве глицерина до определенных пределов. Влияние воды на эффективность экстракции с применением глицерина связано, с одной стороны, с понижением его вязкости, с другой – с экстрагирующей способностью самой воды. Выход глицирризиновой кислоты в образце ВС1 составил 17,18%, что практически соответствует выходу в образце ВГ2. Максимальный выход глицирризиновой кислоты в образце ВГ3 составляет 21,23%.

Таким образом, использование разбавленного водой глицерина как экстрагента для экстракции корней солодки голой отличается большей эффективностью, чем использование классического растворителя – этилового спирта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аляутдина Р.Н. Фармакология. М.: ГЭО ТАО-Медиа; 2002.
2. Джураев К.Х., Гафуров К.Х., Мухаммадиев Б.Т. и др. Сверхкритическая CO<sub>2</sub> экстракция глицирризиновой кислоты из лакричного корня: оптимизация условий экстракции, используя RSM (response surface methodology). Новости науки Казахстана. 2019; 4(142): 55-71.
3. Алексеева Т.Б. Эколого-ценотические и биохимические особенности солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) в Калмыкии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов; 2007.
4. Константинова Т.Г., Новиков А.Е., Рогачев А.Ф. и др. К вопросу технического обеспечения вегетативного размножения солодки. Орошаемое земледелие. 2020; 4: 58-61.
5. Толстиков Г.А., Балтина Л.А. и др. Солодка. Биоразнообразие, химия, применение в медицине: научное издание. Новосибирск: ГЕО; 2007.
6. Павлова Л.В., Платонов И.А., Куркин В.А. и др. Определение глицирризиновой кислоты в корнях солодки методом ВЭЖХ с субкритической экстракцией. Аналитика и контроль. 2018; 22(3): 229-235.
7. Толстикова Т.Г., Толстиков А.Г. Сладость скифского корня. Наука из первых рук. 2008; 3(21): 52-61.
8. Яницкая А.В., Недилько О.В., Землянская И.В. Сравнительное изучение анатомического строения подземных органов солодки голой и солодки щетинистой. Вестник

Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018; 2: 278-283.

9. Кошкина А.В., Федотова Ю.О. Солодка голая. Фитохимический состав и биологические эффекты. Орбиталь. 2018; 2(3): 30-51.

10. Бровченко Б.В., Ермакова В.А., Боков Д.О. и др. Оценка содержания глицирризиновой кислоты в корнях солодки и продуктах их переработки методом ВЭЖХ-УФ. Разработка и регистрация лекарственных средств. 2019; 8(2): 87-91.

11. Wang C.L., Zhang R.Y., Han Y.S. et al. Chemical studies of coumarins from *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. Yao Hsuch Hsuch Pao. 1991; 26(2): 147-151.

12. Sabbioni C., Mandrioli R., Ferranti A. et al. Separation and analysis of glycyrrhizin, 18 $\beta$ -glycyrrhetic acid and 18 $\alpha$ -glycyrrhetic acid in liquorice roots by means of capillary zone electrophoresis. Journal of Chromatography A. 2005; 1081(1): 65-71.

13. Baltina L.A. Chemical modification of glycyrrhizic acid as a route to new bioactive compounds for medicine. Current medicinal chemistry. 2003; 10(2): 155-171.

14. Kinoshita T., Tamura Y., Mizutani K. The isolation and structure elucidation of minor isoflavonoids from licorice of *Glycyrrhiza glabra* origin. Chem. Pharm. Bull. 2005; 53: 847-849.

15. Монография ВОЗ о лекарственных растениях, широко используемых в Новых независимых государствах (НИГ). Женева; 2010: 453.

16. Шарипова Н.Н. Некоторые морфологические и биохимические свойства солодок Казахстана. Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия: сборник Международной научно-практической конференции (Кемерово, 22 окт. 2018 г.). Т. 2. Кемерово; 2018: 57-60.

17. Шабани Л., Эсанпур А.А., Асгари Г. и др. Увеличение образования глицирризина в культуре *Glycyrrhiza glabra* in vitro под действием метилжасмоната и салициловой кислоты. Физиология растений. 2009; 56(5): 688-694.

18. Собко М.Г., Иванов О.А., Ежова И.Н. Леденцы лакричные и способ их производства: патент 2103876 С1 Рос. Федерация, МПК А23G 3/34, А23G 3/00; № 96105803/13, заявл. 26.03.1996, опубл. 10.02.1998.

19. Собко М.Г., Иванов О.А., Ежова И.Н. Ирис молочный лакричный: патент 2111674 С1 Рос. Федерация, МПК А23G 3/34, А23G 3/00, А23G 3/46; № 96106694/13, заявл. 03.04.1996, опубл. 27.05.1998.

20. Левченко М.А., Тарасенко Н.А. Композиция для производства спортивных батончиков: патент 2599821 С1 Рос. Федерация, МПК А23G 3/00, А23L 33/00, А23L 11/00; № 2015130934/13, заявл. 24.07.2015, опубл. 20.10.2016.

21. Ахметшин М.Р., Ахметшин Р.Р., Егоров С.А. и др. Фильтр сигареты с ароматизатором: патент модель 50770 U1 Рос. Федерация, МПК А24D 3/06; № 2005123036/22, заявл. 20.07.2005, опубл. 27.01.2006.

22. Квасенков О.И., Шаззо Ф.Р. Способ производства некурительного изделия из махорки: патент 2255628 С2 Рос. Федерация, МПК А24В 13/00, А24В 15/24; № 2003113023/13, заявл. 07.05.2003, опубл. 10.07.2005.

23. Душин А.А., Розаева Н.Г. Желеобразная антипохмельная композиция: патент 2775509 С1 Рос. Федерация, МПК А23L 21/10, А23L 29/231, А23L 33/105; № 2021114278, заявл. 20.05.2021, опубл. 04.07.2022.

24. Попов В.Г., Бутина Е.А., Герасименко Е.О. Разработка новых видов функциональных пищевых продуктов с заданными физиологически активными свойствами. Новые технологии. 2009; 4: 25-32.

25. Родионова Н.С., Пащенко Л.П., Климова Е.А. Свойства различных пенообразователей в технологии кислородных коктейлей. Пиво и напитки. 2009; 5: 20-21.
26. Федорова И.В., Русинович З.А., Молокеева Л.А. и др. Халва: патент 2056108 С1 Рос. Федерация, МПК А23G 3/52, А23G 3/00; № 92003599/13, заявл. 05.11.1992, опубл. 20.03.1996.
27. Сенченко М.А., Абрамова А.С. Совершенствование процесса приготовления макаронного теста с использованием экстракта корня солодки. Повышение уровня и качества биогенного потенциала в животноводстве: сборник III Международной научно-практической конференции (Ярославль, 25-26 окт. 2017 г.). Ярославль; 2017: 142-147.
28. Кириева Т.В., Гатько Н.Н. Использование экстракта корня солодки в совершенствовании процесса приготовления дрожжевого теста. Известия вузов. Пищевая технология. 2008; 1: 46-48.
29. Хабибрахманова В.Р., Салахутдинова Л.З., Хабибуллина Л.Р. Переработка шрота корня солодки. Использование водного экстракта для интенсификации процесса приготовления дрожжевого теста. Вестник Технологического университета. 2018; 21(1): 196-199.
30. Кадралиева Н.Р. Разработка кисломолочного продукта с использованием растительного экстракта, обогащенного биологически активными веществами. Наука и Образование. 2021; 4(2).
31. Палагина М.В., Дубняк Я.В., Макарова А.А. Корни солодки в производстве функциональных напитков. Пиво и напитки. 2010; 3: 20-21.
32. Коновалов А.В., Малюкова М.А. Производство функциональных продуктов питания на основе экстракта корня солодки. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014; 6: 37-40.
33. Халед Ш.М., Голубина Е.И., Хабибрахманова В.Р. и др. Переработка шрота солодки. I анализ экстрактивных веществ. Вестник Казанского технологического университета. 2014; 17(14): 426-427.
34. Шикова В.А., Буракова М.А. Потенциал природных глубоких эвтектических растворителей для извлечения глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra* L. Молодая фармация – потенциал будущего: сборник материалов XII Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов с международным участием (Санкт-Петербург, 14-18 марта 2022 г.). СПб.; 2022: 924-927.
35. Pan X., Liu H., Jia G. et al. Microwave-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice root. Biochemical Engineering Journal. 2000; 5(3): 173-177.
36. Charpe T.W., Rathod V.K. Extraction of glycyrrhizic acid from licorice root using ultrasound: process intensification studies. Chem. Eng. Process. 2012; 54: 37-41.
37. Денисова С.Б. Жидкостно-твердофазная экстракция основных классов биологически активных веществ корня солодки: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Уфа; 2000.
38. Мамин В.Ф., Зинченко Е.В., Кошкарова Т.С. и др. Формация *Glycyrrhiza glabra* L. в Волго-Ахтубинской пойме. Состояние и экологические лимиты добычи лакричного корня. Успехи современного естествознания. 2020; 9: 76-81.
39. Павлова Л.В., Платонов И.А., Куркин В.А. и др. Определение глицирризиновой кислоты в корнях солодки методом ВЭЖХ с субкритической экстракцией. Аналитика и контроль. 2018; 22(3): 229-235.
40. Мухаммадиев Б.Т., Гафуров К.Х., Мирзаева Ш.У. Сверхкритическая [СК]-CO<sub>2</sub> экстракция глицирризиновой кислоты из лакричных корней. Бутлеровские сообщения. 2017; 49(1): 108-114.

41. Ghoreishi S.M., Heydari E. Extraction of Epigallocatechin-3-gallate from green tea via supercritical fluid technology: Neural network modeling and response surface optimization *J. Supercrit. Fluids*. 2012; 72: 36-45.
42. Аммосов А.С., Литвиненко В.И., Попова Т.П. Солодка: применение в мировой практике (обзор по материалам охраняемых документов за период с 1901 по 2020 год). Харьков: Государственный научный центр лекарственных средств; 2020.
43. Бровченко Б.В. Совершенствование методов контроля качества измельченного сырья и препаратов солодки: дис. ... канд. фарм. наук: 14.04.02. М.; 2020.
44. Государственная фармакопея Российской Федерации: гл. 2.5.40. Солодки корни / МЗ РФ. XIII изд. Т. 3. М.; 2015.
45. Кисляченко М. Экстракционные методы изготовления лекарственных средств из растительного сырья [Электронный ресурс]. Официальный сайт авторской платформы для размещения публикаций pandia.ru: [сайт]. URL: <https://pandia.ru/text/78/014/2413-3.php> (дата обращения: 12.03.2024).

## REFERENCES:

1. Alyautdina R.N. Pharmacology. М.: GEO TAO-Media; 2002. (In Russ).
2. Dzhuraev K.Kh., Gafurov K.Kh., Muhammadiev B.T. et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of glycyrrhizic acid from licorice root: optimization of extraction conditions using RSM (response surface methodology). *Kazakhstan science news*. 2019; 4(142): 55-71. (In Russ).
3. Alekseeva T.B. Ecological, cenotic and biochemical features of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) in Kalmykia: abstract dis. ...PhD (Biology). Saratov; 2007. (In Russ).
4. Konstantinova T.G., Novikov A.E., Rogachev A.F. et al. On the issue of technical support for vegetative propagation of licorice. *Irrigated agriculture*. 2020; 4: 58-61. (In Russ).
5. Tolstikov G.A., Baltina L.A. et al. Licorice. Biodiversity, chemistry, medical applications: scientific publication. Novosibirsk: GEO; 2007. (In Russ).
6. Pavlova L.V., Platonov I.A., Kurkin V.A. et al. Determination of glycyrrhizic acid in licorice roots by HPLC with subcritical extraction. *Analytics and control*. 2018; 22(3): 229-235. (In Russ).
7. Tolstikova T.G., Tolstikov, A.G. The sweetness of the Scythian root. *Science first hand*. 2008; 3(21): 52-61. (In Russ).
8. Yanitskaya A.V., Nedilko O.V., Zemlyanskaya I.V. Comparative study of the anatomical structure of the underground organs of licorice *glabra* and licorice *bristlecone*. *Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2018; 2: 278-283. (In Russ).
9. Koshkina A.V., Fedotova Yu.O. Common licorice. Phytochemical composition and biological effects. *Orbital*. 2018; 2(3): 30-51. (In Russ).
10. Brovchenko B.V., Ermakova V.A., Bokov D.O. et al. Assessment of the content of glycyrrhizic acid in licorice roots and products of their processing by HPLC-UV. *Development and registration of medicines*. 2019; 8(2): 87-91. (In Russ).
11. Wang C.L., Zhang R.Y., Han Y.S. et al. Chemical studies of coumarins from *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. *Yao Hsueh Hsueh Pao*. 1991; 26(2): 147-151.
12. Sabbioni C., Mandrioli R., Ferranti A. et al. Separation and analysis of glycyrrhizin, 18 $\beta$ -glycyrrhetic acid and 18 $\alpha$ -glycyrrhetic acid in liquorice roots by means of capillary zone electrophoresis. *Journal of Chromatography A*. 2005; 1081(1): 65-71.
13. Baltina L.A. Chemical modification of glycyrrhizic acid as a route to new bioactive compounds for medicine. *Current medicinal chemistry*. 2003; 10(2): 155-171.

14. Kinoshita T., Tamura Y., Mizutani K. The isolation and structure elucidation of minor isoflavonoids from licorice of *Glycyrrhiza glabra* origin. *Chem. Pharm. Bull.* 2005; 53:847-849.

15. WHO monograph on medicinal plants widely used in the Newly Independent States (NIS). Geneva; 2010: 453. (In Russian)

16. Sharipova N.N. Some morphological and biochemical properties of licorice from Kazakhstan. *Priorities of world science: experiment and scientific discussion: collection of the International Scientific and Practical Conference (Kemerovo, October 22, 2018). V. 2.* Kemerovo; 2018: 57-60. (In Russ).

17. Shabani L., Esanpour A.A., Asghari G. et al. Increased glycyrrhizin production in *Glycyrrhiza glabra* culture in vitro under the influence of methyl jasmonate and salicylic acid. *Physiology of plants.* 2009; 56(5): 688-694.

18. Sobko, M.G., Ivanov, O.A., Ezhova, I.N. Licorice candies and method of their production: patent 2103876 C1 Ros. Federation, IPC A23G 3/34, A23G 3/00; No. 96105803/13, application. 26/03/1996, publ. 10/02/1998. (In Russian)

19. Sobko M.G., Ivanov O.A., Ezhova I.N. Iris milk licorice: patent 2111674 C1 Russ. Federation, IPC A23G 3/34, A23G 3/00, A23G 3/46: No. 96106694/13, application. 03/04/1996, publ. 27/03/1998. (In Russ).

20. Levchenko M.A., Tarasenko N.A. Composition for the production of sports bars: patent 2599821 C1 Russ. Federation, IPC A23G 3/00, A23L 33/00, A23L 11/00; No. 2015130934/13, application. 24/07/2015, publ. 10.20.2016. (In Russ).

21. Akhmetshin M.R., Akhmetshin R.R., Egorov S.A. et al. Cigarette filter with flavor: patent model 50770 U1 Ros. Federation, IPC A24D 3/06; No. 2005123036/22, application. 20/07/2005, publ. 27/01/2006. (In Russ).

22. Kvasenkov O.I., Shazzo F.R. Method for producing a non-smoking product from shag: patent 2255628 C2 Russ. Federation, IPC A24B 13/00, A24B 15/24; No. 2003113023/13, application. 07/05/2003, publ. 10/07/2005. (In Russ).

23. Dushin A.A., Rozaeva N.G. Jelly-like anti-hangover composition: patent 2775509 C1 Russian Federation, IPC A23L 21/10, A23L 29/231, A23L 33/105; No. 2021114278, application. 20/05/2021, publ. 04/07/2022. (In Russ).

24. Popov V.G., Butina E.A., Gerasimenko E.O. Development of new types of functional food products with specified physiologically active properties. *New technologies.* 2009; 4: 25-32. (In Russ).

25. Rodionova N.S., Pashchenko L.P., Klimova E.A. Properties of various foaming agents in oxygen cocktail technology. *Beer and drinks.* 2009; 5:20-21. (In Russ).

26. Fedorova I.V., Rusinovich Z.A., Molokeyeva L.A. et al. Halva: patent 2056108 C1 Russian Federation, IPC A23G 3/52, A23G 3/00; No. 92003599/13, application. 05.11.1992, publ. 20/03/1996. (In Russ).

27. Senchenko M.A., Abramova A.S. Improving the process of preparing pasta dough using licorice root extract. Increasing the level and quality of biogenic potential in animal husbandry: collection of the III International Scientific and Practical Conference (Yaroslavl, October 25-26, 2017). Yaroslavl; 2017: 142-147. (In Russ).

28. Kirieva T.V., Gatko N.N. The use of licorice root extract in improving the process of preparing yeast dough. *News from universities. Food technology.* 2008; 1:46-48. (In Russ).

29. Khabibrakhmanova V.R., Salakhutdinova L.Z., Khabibullina L.R. Processing of licorice root meal. Using an aqueous extract to intensify the process of preparing yeast dough. *Bulletin of the Technological University.* 2018; 21(1): 196-199. (In Russ).

30. Kadrallieva N.R. Development of a fermented milk product using a plant extract enriched with biologically active substances. *Science and education*. 2021; 4(2). (In Russ).
31. Palagina M.V., Dubnyak Ya.V., Makarova A.A. Licorice roots in the production of functional drinks. *Beer and drinks*. 2010; 3:20-21. (In Russ).
32. Konovalov A.V., Malyukova M.A. Production of functional food products based on licorice root extract. *Bulletin of Michurinsky State Agrarian University*. 2014; 6: 37-40. (In Russ).
33. Khaled Sh.M., Golubina E.I., Khabibrakhmanova V.R. et al. Processing of licorice meal. I analysis of extractives. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2014; 17(14): 426-427. (In Russ).
34. Shikova V.A., Burakova M.A. The potential of natural deep eutectic solvents for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra* L. *Young pharmacy – the potential of the future: a collection of materials from the XII All-Russian Scientific Conference of Students and Postgraduate Students with International Participation (St. Petersburg, March 14-18, 2022)*. St. Petersburg; 2022: 924-927. (In Russ).
35. Pan X., Liu H., Jia G. et al. Microwave-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice root. *Biochemical Engineering Journal*. 2000; 5(3): 173-177.
36. Charpe T.W., Rathod, V.K. Extraction of glycyrrhizic acid from licorice root using ultrasound: process intensification studies. *Chem. Eng. Process*. 2012; 54: 37-41.
37. Denisova S.B. Liquid-solid-phase extraction of the main classes of biologically active substances of licorice root: abstract dis. ...PhD (Chemistry). Ufa; 2000. ((In Russ).
38. Mamin V.F., Zinchenko E.V., Koshkarova T.S. et al. Formation *Glycyrrhiza glabra* L. in the Volga-Akhtuba floodplain. Status and ecological limits of licorice root production. *Advances of modern natural science*. 2020; 9: 76-81. (In Russ).
39. Pavlova L.V., Platonov I.A., Kurkin V.A. et al. Determination of glycyrrhizic acid in licorice roots by HPLC with subcritical extraction. *Analytics and control*. 2018; 22(3): 229-235. (In Russ).
40. Muhammadiev B.T., Gafurov K.Kh., Mirzaeva Sh.U. Supercritical [SC]-CO<sub>2</sub> extraction of glycyrrhizic acid from licorice roots. *Butlerov's messages*. 2017; 49(1): 108-114. (In Russ).
41. Ghoreishi S.M., Heydari E. Extraction of Epigallocatechin-3-gallate from green tea via supercritical fluid technology: Neural network modeling and response surface optimization *J. Supercrit. Fluids*. 2012; 72: 36-45.
42. Ammosov A.S., Litvinenko V.I., Popova T.P. Licorice: application in world practice (review based on documents of protection for the period from 1901 to 2020). Kharkov: State Scientific Center for Medicines; 2020. (In Russ).
43. Brovchenko B.V. Improving methods for quality control of crushed raw materials and licorice preparations: dis. ...PhD (Pharmacy): 04.14.02. M.; 2020. (In Russ).
44. State Pharmacopoeia of the Russian Federation: Ch. 2.5.40. Licorice roots / Ministry of Health of the Russian Federation. XIII ed. V. 3. M.; 2015.
45. Kislyachenko M. Extraction methods for the production of medicines from plant raw materials [Electronic resource]. Official website of the author's platform for posting publications pandia.ru: [website]. URL: <https://pandia.ru/text/78/014/2413-3.php> (access date: 12/03/2024). (In Russ).

---

**Информация об авторах / Information about the authors**

---

**Кристина Николаевна Ларичева**,  
кандидат экономических наук, доцент, заве-  
дующая кафедрой биологии и биоинфор-  
матики, Новгородский государственный  
университет имени Ярослава Мудрого  
kristina\_plus@mail.ru

**Kristina N. Laricheva**, PhD (Economic),  
Sciences, Associate Professor, Head of the  
Department of Biology and Bioinformatics,  
Yaroslav the Wise Novgorod State University  
kristina\_plus@mail.ru

**Ульяна Геннадьевна Гришина**, сту-  
дентка 4 курса, Новгородский государ-  
ственный университет имени Ярослава  
Мудрого  
ulianagrishina@mail.ru

**Ulyana G. Grishina**, 4th year Student,  
Yaroslav the Wise Novgorod State University  
ulianagrishina@mail.ru

---

Поступила в редакцию 21.03.2024; поступила после рецензирования 24.04.2024; принята к публикации 26.04.2024

Received 21.03.2024; Revised 24.04.2024; Accepted 26.04.2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Исследование влияния способа обработки перед сушкой на органолептические показатели, величину потери массы и микробиологические показатели кабачковых чипсов

Татьяна В. Першакова, Татьяна В. Яковлева, Юлия Н. Чернявская\*,  
Дарья В. Котвицкая, Анна А. Тягущева

*«Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»;  
ул. Тополиная Аллея, 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*

**Аннотация.** Сушка – один из наиболее востребованных способов сохранения растительного сырья путем снижения влажности и предотвращения микробиологической обсемененности и является перспективным направлением пищевой отрасли. В данной работе представлены результаты исследования в сфере разработки эффективных технологий подготовки кабачков к сушке, обеспечивающих ускорение процесса сушки, а также сохранение или улучшение органолептических показателей (например, для предотвращения избыточного потемнения). В работе описаны результаты влияния предварительной обработки кабачков перед сушкой на показатели качества – органолептические (внешний вид, консистенция, вкус, запах, цвет, форма, размер), физико-химические (масса свежего сырья и высушенного продукта, влажность готового продукта) и показатели микробиологической безопасности (МАФАНМ, бактерии группы кишечных палочек, плесени, дрожжи). Видами предварительной обработки кабачков перед сушкой являлись – обработка СВЧ, раствором  $C_6H_8O_7$  (лимонная кислота), раствором NaCl (солевой раствор), обработка СВЧ + раствор  $C_6H_8O_7$ , обработка СВЧ + раствор NaCl. В ходе проведенной органолептической оценки установлено, что лучшие органолептические показатели обеспечивает обработка 5% раствором NaCl (4,8 балла) и 1% раствором  $C_6H_8O_7$  (4,7 балла). Предварительная обработка СВЧ в различных параметрах приводит к появлению характерной горечи и неприятного послевкуся. Обработка раствором лимонной кислоты в различных дозировках придаёт кислый вкус и предотвращает потемнение во время сушки. Выявлено, что различные виды предварительной обработки не оказывают влияния на продолжительность сушки кабачков, что составляет в среднем 7 часов. Обработка СВЧ позволяет снизить влажность до 3,4%, лимонной кислотой – до 3,6%, соевым раствором – до 4,6%, при этом комплексная обработка не оказывает влияния на снижение влажности сухого продукта и в целом на продолжительность высушивания. В результате проведенной микробиологической оценки отмечено, что количество

МаФАнМ и плесневых грибов находится в пределах допустимых норм, а рост бактерий группы кишечных палочек (колиформы) отсутствует, что соответствует показателям нормативных документов.

**Ключевые слова:** кабачки, сушка, овощные чипсы, предварительная обработка, показатели качества, безопасность

*Для цитирования:* Першакова Т.В., Яковлева Т.В., Чернявская Ю.Н. и др. Исследование влияния способа обработки перед сушкой на органолептические показатели, величину потери массы и микробиологические показатели кабачковых чипсов. Новые технологии / New technologies. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-105-119>

## Investigation of the influence of the processing method before drying on the organoleptic characteristics, the amount of weight loss and microbiological parameters of zucchini chips

Tatyana V. Pershakova, Tatyana V. Yakovleva, Yulia N. Chernyavskaya\*,  
Daria V. Kotvitskaya, Anna A. Tyagushcheva

*Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»; 2 Topolinaya Alley, Krasnodar, 350072, the Russian Federation*

**Abstract.** Drying is one of the most popular ways to preserve plant materials by reducing humidity and preventing microbiological contamination and it is a promising direction in the food industry. The article presents the results of the research in the development of effective technologies for preparing zucchini for drying, ensuring acceleration of the drying process, as well as maintaining or improving organoleptic characteristics (for example, to prevent excessive darkening). The article describes the results of the influence of pre-treatment of zucchini before drying on quality indicators – organoleptic indicators (appearance, consistency, taste, smell, color, shape, size) and physicochemical indicators (weight of fresh raw materials and dried product, moisture content of the finished product) and microbiological safety (MAFAnM, coliform bacteria, mold, yeast). The types of pre-treatment of zucchini before drying were microwave treatment,  $C_6H_8O_7$  solution (citric acid), NaCl solution (saline solution), microwave treatment +  $C_6H_8O_7$  solution, microwave treatment + NaCl solution. During the organoleptic assessment, it was found that the best organoleptic indicators are provided by treatment with 5% NaCl solution (4.8 points) and 1%  $C_6H_8O_7$  solution (4.7 points). Microwave pre-treatment in various parameters led to the appearance of characteristic bitterness and an unpleasant aftertaste. Treatment with a solution of citric acid in various dosages imparts a sour taste and prevented darkening during drying. It was found that various types of pre-treatment do not affect the duration of drying of zucchini, which was, on average, 7 hours. Microwave treatment reduced humidity to 3.4%, citric acid – to 3.6%, saline solution – to 4.6%, while complex treatment did not affect the reduction in moisture content of the dry product and, in general, the duration of drying. As a result of the microbiological assessment, it was noted that the amount of MaFAnM and mold fungi were within acceptable

limits, and the growth of coliform bacteria was absent, which corresponded to the indicators of regulatory documents.

**Keywords:** zucchini, drying, vegetable chips, pre-treatment, quality indicators, safety

**For citation:** *Pershakova T.V., Yakovleva T.V., Chernyavskaya Yu.N. et al. Investigation of the influence of the processing method before drying on the organoleptic characteristics, the amount of weight loss and microbiological parameters of zucchini chips. Novye tehnologii / New technologies. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-105-119>*

**Введение.** Значимым аспектом обеспечения продовольственной безопасности страны является максимальное сохранение и продление качества продукции, в частности, совершенствование способов переработки.

Так, одним из наиболее востребованных способов сохранения растительного сырья является сушка. Этот процесс позволяет продлить период потребления фруктов и овощей за счет снижения влажности и сохранения микробиологических показателей в пределах нормы. Сушеные овощи длительного хранения являются перспективным направлением для развития пищевой отрасли [18, 19].

В настоящее время растет сегмент рынка по производству чипсов из овощей, полученных путем сушки, которые полностью готовы для употребления. Чипсы производят из различных овощей – свеклы, моркови, тыквы, баклажанов и т. д. [13, 21, 25].

Овощные чипсы отличаются низкой калорийностью благодаря минимальному содержанию жира в отличие от картофельных чипсов, содержат в своем составе большое количество полезных питательных веществ, витаминов, минералов, не содержат добавок, красителей, консервантов, являющихся вредными для организма человека, при этом сохраняется высокое содержание пищевых волокон – клетчатки, которая поддерживает чувство сытости продолжительное время, и хранятся длительное время [13, 11].

При производстве чипсов следует учитывать, что чем больше продолжительность и температура сушки, тем выше

расход электроэнергии, что приводит к увеличению себестоимости готового продукта. При высоких температурах сушки продолжительность процесса сокращается, но происходят значительные потери биологически активных веществ. По этой причине актуальны исследования в сфере разработки эффективных технологий подготовки растительного сырья к сушке, обеспечивающих ускорение процесса сушки, а также сохранение или улучшение органолептических показателей (например, для предотвращения избыточного потемнения).

Для того чтобы сократить время сушки и максимально сохранить показатели качества продуктов, а также повысить энергоэффективность и снизить эксплуатационные расходы, применяют как традиционные, так и новые технологии обработки овощей перед сушкой [1, 17].

Таковыми примерами являются предварительные обработки импульсным электрическим полем (ИЭП) и ультразвуком [24], холодной плазмой [20], электромагнитным полем сверхвысоких частот (СВЧ) – микроволновая сушка [28], органическими кислотами [23], солевыми растворами [26] и т. д.

При производстве овощных чипсов методом сушки в сушильных установках в отличие от традиционных способов получения чипсов – жарка во фритюре – не используются растительные масла и не происходит накопление канцерогенов, в частности, акриламида, который образуется в результате взаимодействия аминокислот с сахарами при высоких температурах, например, в картофельных чипсах,

и в итоге, получается здоровый продукт, обладающий высокими качественными характеристиками [12-14, 22].

Однако с увеличением потребления овощной продукции появились свидетельства увеличения вспышек болезней пищевого происхождения. Хотя потребление овощей остается относительно безопасным, агропродовольственная промышленность сталкивается с многочисленными рисками занесения патогенов пищевого происхождения в продукты на всех этапах их жизненного цикла [16, 29].

Производство сушеных овощей, в частности, чипсов из кабачков, требует серьезного подхода к обеспечению микробиологической безопасности [27].

В связи с вышесказанным, целью исследования является выбор оптимального способа подготовки кабачков к сушке, обеспечивающий высокие показатели качества и микробиологической безопасности в процессе последующего хранения.

Задачи исследования:

- изучить влияние способа обработки перед сушкой на органолептические показатели сушеных кабачков;
- изучить влияние способа обработки перед сушкой на величину потери массы готового продукта;
- проверить безопасность (микробиологические показатели) сушеных кабачков в процессе хранения.

**Объекты исследования.** В качестве объекта исследования использовали кабачки гибрида Сальвадор F1, собранные в 2023 году в условиях Краснодарского края (Темрюкский район, ИП Ерохин А.А.).

**Методы исследования.** В ходе проведения исследования использовали следующие способы обработки сырья:

- контроль (без обработки);
- образец № 1 – СВЧ № 1 (480 Вт в течение 120 сек);
- образец № 2 – СВЧ № 2 (640 Вт в течение 60 сек);
- образец № 3 – обработка 1% раствором  $C_6H_8O_7$  (лимонная кислота);

– образец № 4 – обработка 5% раствором  $C_6H_8O_7$ ;

– образец № 5 – обработка 1% раствором NaCl;

– образец № 6 – обработка 5% раствором NaCl;

– образец № 7 – обработка СВЧ (640 Вт в течение 60 сек) + 5% раствор  $C_6H_8O_7$ ;

– образец № 8 – обработка СВЧ (640 Вт в течение 60 сек) + 5% раствор NaCl.

Мощность СВЧ полей и концентрации рабочих растворов были выбраны по результатам предварительного изучения и их влияния на конечный продукт.

Кабачки без внешних механических повреждений и микробиальной обсемененности нарезали кольцами толщиной 0,5-0,7 мм.

Обработку раствором  $C_6H_8O_7$  и раствором NaCl в различных концентрациях проводили путём замачивания в течение 1 минуты. Все образцы сушили в дегидраторе Oberhof Fruchttrockner D-47 при температуре 65°C до достижения оптимальной влажности продукта (не более 14%).

В ходе проведения исследования определяли массу брутто сырья, массу нетто сырья, массу высушенного продукта, влажность свежего и сухого продукта.

Проводилась балльная органолептическая оценка согласно ГОСТ 34130-2017 «Фрукты и овощи сушеные. Методы испытаний» [9]. Проведение оценки органолептических показателей сушеных овощей затруднено тем фактом, что в ГОСТ 32065-2013 «Овощи сушёные. Общие технические условия» [7] дана только общая (неизмеримая) характеристика показателей. В связи с этим были разработаны 5-балльные шкалы оценки, представленные в таблице 1.

Массовую долю влаги определяли по ГОСТ 33977-2016 «Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ» [8].

Образцы кабачков для хранения упаковывали в пищевые бумажные пакеты дойпак с зип-лок застежкой и окошком по 50 г.

Система оценки качества для кабачков сушеных

Table 1

Quality assessment system for dried zucchini

Наименование показателя в соответствии с ГОСТ 32065-2013/коэффициент значимости/ Характеристика показателя	Кол-во баллов
<b>Внешний вид/0,2</b>	
Пластинки правильной формы с ровной поверхностью, равномерные по толщине, целые, без обломанных граней, сохраняющие свою форму при завертке, укладке в тару и транспортировании, легко разминающиеся.	5
Пластинки неправильной формы, наличие неравномерных экземпляров. Некоторые не сохраняют свою форму при завертке, укладке в тару, но легко разминаются при перемешивании.	4
Пластинки неправильной формы с неравномерной поверхностью и обломанными гранями. Не сохраняют форму при завертке, укладке в тару и транспортировании, не разминаются при перемешивании.	3
Пластинки неправильной формы с неровной поверхностью, неравномерные по толщине, наличие поломанных, слипшихся экземпляров. Не сохраняют свою форму при завертке, укладке в тару и транспортировании, не разминаются при перемешивании.	2
Пластинки неправильной формы с неровной поверхностью, неравномерные по толщине, наличие поломанных, слипшихся экземпляров. Не сохраняют свою форму при завертке, укладке в тару и транспортировании, не разминаются при перемешивании. Наличие дефектов	1
<b>Консистенция/0,2</b>	
Пластинки эластичные, допускается легкая хрупкость.	5
Пластинки немного плотные, легкая хрупкость.	4
Пластинки хрупкие, ломкие	3
Пластинки сухие, твердые	2
Пластинки пересушенные, сухие, подвержены излишней ломкости.	1
<b>Вкус и запах/0,3</b>	
Насыщенный, хорошо выраженный, соответствует овощам данного вида	5
Выраженный, соответствует овощам данного вида	4
Соответствует овощам данного вида, без явного постороннего запаха и привкуса	3
Не соответствует овощам данного вида, присутствует посторонний отчетливый посторонний запах	2
Не соответствует овощам данного вида, неприятный, вызывает отвращение, присутствует посторонний отчетливый посторонний запах	1
<b>Цвет/0,15</b>	
Однородный, свойственный цвету сырья, из которого были изготовлены сушеные овощи	5
Неоднородный, свойственный цвету сырья, из которого были изготовлены сушеные овощи	4
Неоднородный, несвойственный цвету сырья, из которого были изготовлены сушеные овощи. Встречаются темные пятна	3
Неоднородный, несвойственный цвету сырья, из которого были изготовлены сушеные овощи. Встречаются темные пятна, разнотон, неприятный вид	2
Несвойственный цвету сырья, из которого были изготовлены сушеные овощи	1
<b>Форма и размеры /0,15</b>	
Равномерно нарезанные толщиной не более 4 мм, длиной и шириной не более 12 мм.	5
Неравномерно нарезанные, встречаются неправильной формы. Не соответствует один из параметров	4
Неравномерно нарезанные, неправильная форма. Не соответствует толщина и ширина нарезки	3
Неравномерно нарезанные, неправильная форма, разнотон. Не соответствует параметрам нарезки, разные формы и размеры	2
Не соответствует параметрам нарезки, разные формы и размеры	1

Для определения микробиологической дегидрататоре Oberhof Fruchttrockner D-47 с  
обсемененности все образцы сушили в горизонтальной конвекцией и вращением

поддонов при температуре 60°C в течение 6 часов (220 V, 50 Hz, 1800 W) с предварительной обработкой (аскорбиновой кислотой с концентрацией 1%).

Исследуемые образцы хранились при температуре 25±2°C и относительной влажности 75%.

Были изучены уровни микробиологической обсеменённости сушёной продукции в соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [15].

В соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 на образцах были проведены микробиологические исследования в соответствии с ГОСТ ISO 7218-2015, ГОСТ 31904-2012, ГОСТ 10444.12-2013, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 26669-85, ГОСТ 26670-91 [2-6, 10] и по авторским методикам, разработанным в институте.

Количество микроорганизмов на овощных чипсах определяли сразу после сушки перед закладкой на хранение, после 1 месяца хранения и после трех месяцев хранения. Исследуемые образцы

хранились при температуре +(25±2)°C и относительной влажности 75%.

Все экспериментальные исследования проводились в трехкратной повторности (отклонение между параллельными определениями допускалось не более 5%). Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом описательной статистики и дисперсионного анализа, используя пакеты программ Microsoft Excel и Statistica.

#### Результаты исследований и их обсуждение.

1) Результаты исследования влияния различных видов обработки на продолжительность сушки кабачков Сальвадор F1 и органолептические характеристики сушеной продукции представлены в таблице 2.

Органолептическая оценка проводилась на основании балльной оценки в соответствии с разработанной шкалой (табл. 1). Органолептическая оценка кабачков сушеных представлена в таблице 2.

Таблица 2

#### Результаты органолептической оценки образцов кабачков сушеных

Table 2

#### The results of organoleptic evaluation of dried zucchini samples

Наименование образца	Наименование показателя / Экспертная оценка, балл					
	внешний вид	консистенция	вкус и запах	цвет	форма и размер	общий балл
Контроль	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	4,7
Образец № 1 – СВЧ 480 Вт, 120 сек	5,0	3,0	2,0	3,0	5,0	3,4
Образец № 2 – СВЧ 640 Вт, 60 сек	5,0	3,0	2,0	3,0	5,0	3,4
Образец № 3 – лимонная кислота 1%	5,0	5,0	4,0	5,0	5,0	4,7
Образец № 4 – лимонная кислота 5%	5,0	4,0	3,0	5,0	5,0	4,2
Образец № 5 – NaCl 1%	5,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,5
Образец № 6 – NaCl 5%	5,0	4,0	5,0	5,0	5,0	4,8
Образец № 7 – СВЧ (640 Вт, 60 сек) + лимонная кислота 5%	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,4
Образец № 8 – СВЧ (640 Вт, 60 сек) + NaCl 5 %	5,0	5,0	4,0	5,0	4,0	4,55

В ходе проведения органолептической оценки установлено, что максимальный общий балл набрал образец № 6 (обработка 5% солевым раствором) – 4,8 балла. Также высоким баллом был отмечен образец № 3 (обработка 1% раствором лимонной кислоты) – 4,7 балла. Наименьший балл получили образцы № 1 (3,4 балла), № 2 (3,4 балла) и № 4 (4,2 балла).

Важно отметить, что предварительная обработка СВЧ в различных параметрах по

сравнению с контролем и другими образцами оказывает существенное влияние на вкус – появляется характерная горечь и неприятное послевкусие.

Образцы, обработанные раствором лимонной кислоты в различных дозировках, обладают кислым вкусом и не темнеют во время сушки.

Внешний вид образцов кабачков сушёных с различной предварительной обработкой представлен на рисунке 1.

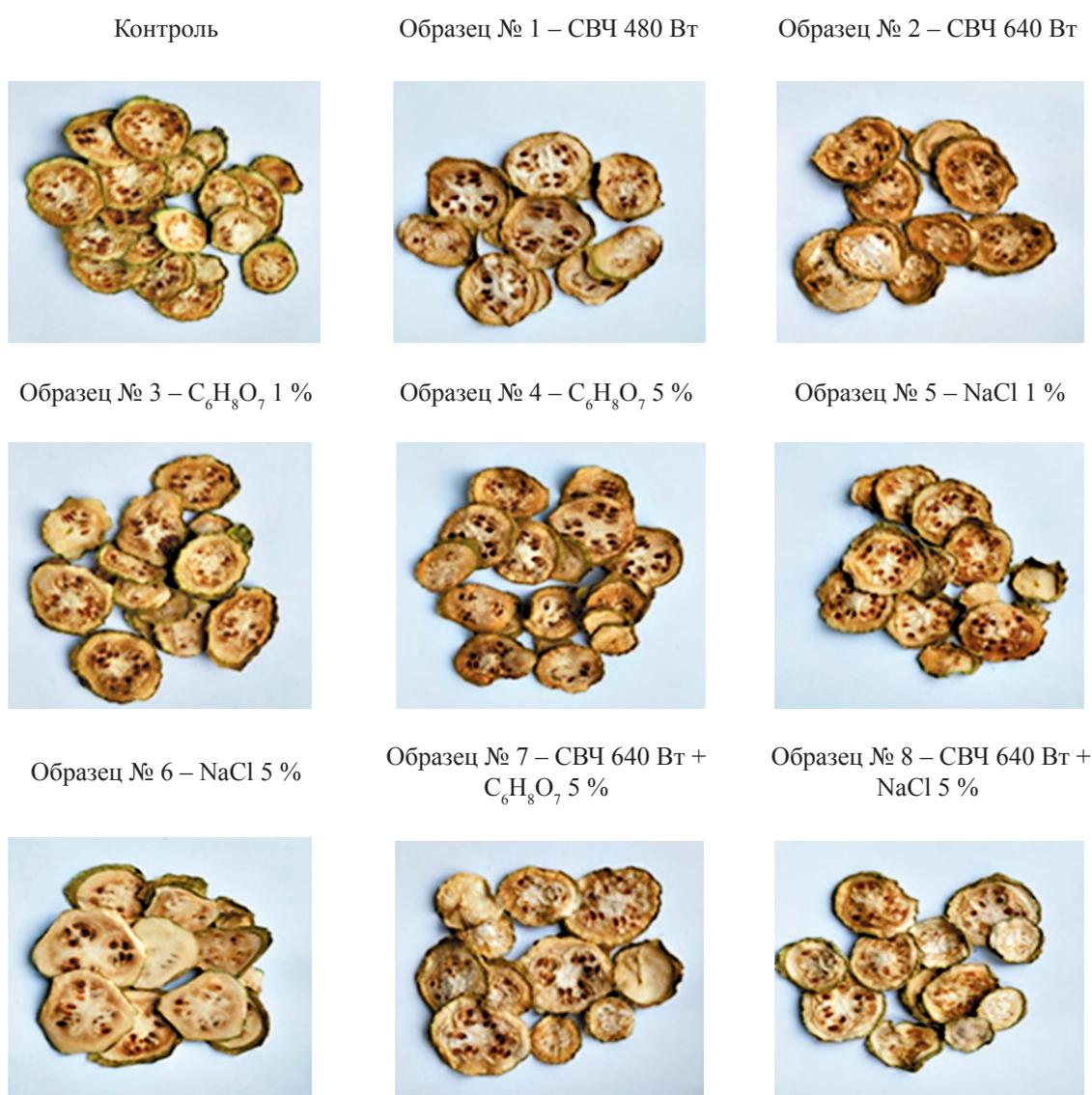


Рис. 1. Образцы кабачков сушёных, предварительно обработанных различными способами

Fig. 1. Samples of dried zucchini pre-processed in various ways

Установлено, что различные виды применяемых обработок не оказывают влияния на продолжительность сушки кабачков. В среднем продолжительность сушки кабачков составляет 7 часов до достижения оптимальных органолептических показателей.

Установлено, что влажность образцов с СВЧ-обработкой в различных параметрах (образец № 1 и № 2) составляет в среднем 3,4%, что, в свою очередь,

оказывает влияние на сроки годности продукта.

Обработка кабачков раствором лимонной кислоты ( $C_6H_8O_7$ ) 1% (образец № 3) позволяет сократить влажность сухого продукта на 42,6% по сравнению с контрольным образцом. Важно отметить, что при обработке раствором лимонной кислоты 5% такого результата не наблюдалось. В таблице 3 представлены данные по сушке кабачков.

Таблица 3

Влияние различных видов обработки на сушку кабачков, продолжительность сушки 7 ч 40 минут, влажность свежего сырья 94,7%

Table 3

The influence of various types of processing on the drying of zucchini, drying duration 7 hours 40 minutes, humidity of fresh raw materials 94.7%

Наименование образца	Масса, г			Влажность готового продукта, %	Потеря массы готового продукта по отношению к массе свежего сырья (по массе нетто), %
	брутто свежего сырья	нетто свежего сырья	высушенного сырья		
Контроль	387,0	379,0	20,8	4,7	94,5
Образец № 1 – СВЧ 480 Вт, 120 сек.	358,5	334,3	17,6	3,9	94,7
Образец № 2 – СВЧ 640 Вт, 60 сек.	343,0	328,2	20,0	2,9	93,9
Образец № 3 – $C_6H_8O_7$ 1%	376,9	358,8	16,0	2,7	95,5
Образец № 4 – $C_6H_8O_7$ 5 %	320,6	315,2	15,2	4,4	95,2
Образец № 5 – NaCl 1%	404,3	393,2	22,0	5,5	94,4
Образец № 6 – NaCl 5%	340,6	331,8	16,1	3,6	95,1
Образец № 7 – СВЧ (640 Вт, 60 сек.) + $C_6H_8O_7$ 5%	409,3	391,2	18,7	7,5	95,2
Образец № 8 – СВЧ (640 Вт, 60 сек.) + NaCl 5 %	403,8	384,5	21,1	7,9	94,5

Установлено, что обработка солевым раствором (NaCl) 5% позволяет снизить влажность сухого продукта на 23,1% по сравнению с контролем при одинаковом времени сушки. При этом обработка 1% солевым раствором такого результата не обеспечила.

Установлено, что комплексная обработка (образцы № 7 и № 8) не оказывает влияния на снижение влажности сухого продукта и в целом на продолжительность высушивания.

Таким образом, оптимальным способом подготовки к сушке кабачков является образец № 6 – обработка солевым раствором (NaCl, 5%) и образец № 3 – обработка

раствором лимонной кислоты ( $C_6H_8O_7$ , 1%).

При этом величина потери массы составляет от 94,4 до 95,5 %.

На следующем этапе необходимо убедиться в микробиологической безопасности выбранного нами способа предварительной обработки кабачков перед сушкой.

В таблице 4 представлены данные, иллюстрирующие изменение микробиологических показателей овощных чипсов в течение трех месяцев хранения в соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [15], допустимые уровни микробиологической обсемененности представлены в таблице 4.

Таблица 4

**Микробиальная обсемененность чипсов из кабачков в процессе хранения при температуре  $+(25\pm 2)$  °C и относительной влажности 75 %**

Table 4

**Microbial contamination of zucchini chips during storage at a temperature of  $+(25\pm 2)$  °C and a relative humidity of 75%**

Показатель	Допустимые уровни ТР ТС 021/2011	Срок хранения		
		перед закладкой на хранение	30 дней хранения	3 месяца хранения
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более	$5 \times 10^5$	$61 \times 10^3$	$42 \times 10^3$	$32 \times 10^3$
		$75 \times 10^3$	$38 \times 10^3$	$28 \times 10^3$
		$57 \times 10^3$	$51 \times 10^3$	$40 \times 10^3$
Бактерии группы кишечных палочек (колиформы) не допускаются в массе продукта, (г)	0,01	отсутствуют		
Неспорообразующие микроорганизмы В.сегеус не допускаются в массе продукта, (г)	$10^3$	отсутствуют		
Плесени, КОЕ/г, не более	500	$3,8 \times 10^2$	$3,8 \times 10^2$	$2,8 \times 10^2$
		$4,2 \times 10^2$	$3,4 \times 10^2$	$2,5 \times 10^2$
		$4,5 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$

Исходя из приведенных данных, можно утверждать, что по количеству МАФАНМ и плесневых грибов исследуемые образцы находятся в пределах допустимых норм ТР ТС 021/2011 на протяжении всего времени хранения.

Согласно ТР ТС 021/2011, чипсы овощные (тепловой сушки) не должны содержать в массе продукта 1,0 г бактерии группы кишечных палочек (колиформы). Для определения наличия

на исследуемых образцах данных микроорганизмов были использованы одноразовые микробиологические экспресс-тесты «Петритест» (подложка), покрытые питательной модифицированной средой на основе агара.

На рисунке 2 представлен типичный рост (или его отсутствие) колоний микроорганизмов, идентифицируемых на образцах чипсов овощных и через 30 дней хранения.

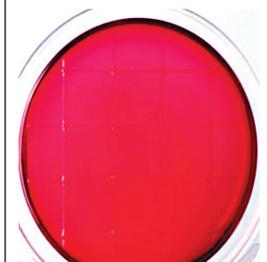
Группы микроорганизмов	МАФАНМ, КОЕ/г	Плесени и дрожжи, КОЕ/г	Бактерии группы кишечных палочек (колиф.)
Кабачки сушеные			

Рис. 2. Рост колоний микроорганизмов, идентифицируемых на образцах чипсов овощных

Fig. 2. Growth of colonies of microorganisms identified on samples of vegetable chips

На исследуемых вариантах чипсов отсутствует рост бактерий группы кишечных палочек (колиформы) в массе продукта 0,01 г, что позволяет установить соответствие всех образцов микробиологическим нормативам безопасности ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Таким образом, использование кабачков для производства сушеных овощных чипсов при выбранной технологии обработки является возможным и целесообразным с точки зрения полученных микробиологических показателей, свидетельствующих о безопасности продукта.

**Выводы.** На основании исследований влияния различных видов обработки (СВЧ, лимонная кислота, раствор NaCl, их сочетание) перед сушкой на органолептические показатели сушеных кабачков установлено, что лучшие органолептические

показатели обеспечивает обработка 5% раствором NaCl и 1% раствором  $C_6H_8O_7$  (лимонной кислоты). Предварительная обработка СВЧ в различных параметрах приводит к появлению характерной горечи и неприятного послевкусия. Обработка раствором лимонной кислоты в различных дозировках придает кислый вкус и предотвращает потемнение во время сушки.

Установлено, что использованные режимы сушки кабачков и параметры хранения сохраняют безопасность сушеных кабачков в процессе хранения, предотвращая рост патогенных микроорганизмов.

В ходе проведенной микробиологической оценки сушеных кабачков (чипсов) сразу после сушки перед закладкой на хранение, после 1 месяца хранения и после 3 месяцев хранения при температуре

$(25 \pm 2)$  °С и относительной влажности 75% установлено, что количество Ма-ФАНМ и плесневых грибов находится в пределах допустимых норм, а рост бактерий группы кишечных палочек (колиформы) отсутствует, овощные чипсы из кабачков соответствуют нормативам ТР ТС 021/2011.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Бурак Л.Ч., Сапач А.Н. Влияние предварительной обработки импульсным электрическим полем на процесс сушки: обзор предметного поля. Хранение и переработка сельхозсырья. 2023.
2. ГОСТ 10444.12-2013. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. Введ. 01.07.2015. М.: Стандартинформ; 2014.
3. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Введ. 01.01.1996. М.: Стандартинформ; 2010.
4. ГОСТ 26669-85. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов. Введ. 01.07.1986. М.: Изд-во стандартов; 1986.
5. ГОСТ 26670-91. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов. Введ. 01.01.1993. М.: Издательство стандартов; 1992.
6. ГОСТ 31904-2012. Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ, 2014.
7. ГОСТ 32065-2013. Овощи сушёные. Общие технические условия. Введ. 01.07.2014. М.: Стандартинформ; 2019.
8. ГОСТ 33977-2016. Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения общего содержания сухих веществ. Введ. 01.01.2018. М.: Стандартинформ; 2019.
9. ГОСТ 34130-2017. Фрукты и овощи сушёные. Методы испытаний. Введ. 01.01.2019. М.: Стандартинформ; 2018.
10. ГОСТ ISO 7218-2015. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям. Введ. 01.07.2016. М.: Стандартинформ; 2016.
11. Игнатчук А.В., Рахта А.А. Овощные чипсы и диета. Овощные чипсы и спорт. NovaInfo.Ru. 2023: 6-7.
12. Мартянова В.С. Четыркина Е.В., Рахимова Ю.А. Технология овощных чипсов, полученных с использованием инфракрасной сушки. Молодой ученый. 2020: 513-515.
13. Рядинская А.А., Ордина Н.Б., Коцаев И.А. и др. Разработка элементов технологии производства овощных чипсов из местного растительного сырья. Проблемы развития АПК региона. 2020. С. 169-175.
14. Способ получения ягодно-овощных чипсов с повышенным антиоксидантным действием: патент РФ №RU2738968. / Быков Д.Е., Макарова Н.В., Алексашина С.А.; заявл. 19.02.2020; опубл. 21.12.2020, Бюл. № 36.
15. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции». Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ; 2013.
16. Barril P.A., Oteiza J.M., Pardoc J., Leottac G.A., Signorini M.L. Meta-analysis of the prevalence of the main human pathogens in vegetables, with emphasis on lettuce. Food Research International. 2022.

17. Bassey E J., Sun J.H. Novel nonthermal and thermal pretreatments for enhancing drying performance and improving quality of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*. 2021.

18. Ciużyńska A., Marczak W., Lenart A., Janowicz M. Production of innovative freeze-dried vegetable snack with hydrocolloids in terms of technological process and carbon footprint calculation. *Food Hydrocolloids*. 2020.

19. Ertekin C., Aktas T., Alibas I., Essalhi H. 15 – Drying of fruits and vegetables. *Drying Technology in Food Processing*. 2023.

20. Gavahian M., Nayi P., Masztalerz K., Szumny A., Figiel A. Cold plasma as an emerging energy-saving pretreatment to enhance food drying: Recent advances, mechanisms involved, and considerations for industrial applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2024.

21. Jafari F., Movagharnejad K., Sadeghi E. Infrared drying effects on the quality of eggplant slices and process optimization using response surface methodology. *Food Chemistry*. 2020.

22. Jung S., Yi Y., Chang M. et al. An improved extraction method for acrylamide determination in fruit and vegetable chips through enzyme addition // *Food Chemistry*. 2021.

23. Korese J.K., Achaglinkame M.A. Convective drying of *Gardenia erubescens* fruits: Effect of pretreatment, slice thickness and drying air temperature on drying kinetics and product quality. *Heliyon*. 2024.

24. Llavata B., Collazos-Escobar G.A., García-Pérez J.V. et al. PEF pre-treatment and ultrasound-assisted drying at different temperatures as a stabilizing method for the up-cycling of kiwifruit: Effect on drying kinetics and final quality. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2024.

25. Mendonça K.S., Corrêa J.L., Junqueira J.R. et al. Peruvian carrot chips obtained by microwave and microwave-vacuum drying. *LWT*. 2023.

26. Nudara J., Roy M., Ahmed S. Combined osmotic pretreatment and hot air drying: Evaluation of drying kinetics and quality parameters of adajamir (*Citrus assamensis*). *Heliyon*. 2023.

27. Onwude D.I., Iranshahi K., Rubinetti D. et al. Thijs Defraeye. How much do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetables for convective drying? *Food and Bioproducts Processing*. 2022.

28. Salehi F., Goharpour K., Kamran H.R. Effects of ultrasound and microwave pretreatments of carrot slices before drying on the color indexes and drying rate. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2023.

29. Thomas G.A., Gil T.P., Müller C.T. et al. From field to plate: How do bacterial enteric pathogens interact with ready-to-eat fruit and vegetables, causing disease outbreaks? *Food Microbiology*. 2024.

## REFERENCES:

1. Burak L.Ch., Sapach A.N. The influence of pulsed electric field pre-treatment on the drying process: a review of the field. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2023. (In Russ).

2. GOST 10444.12-2013. Microbiology of food products and animal feed. Methods for identifying and counting the number of yeasts and molds. Introd. 01/07/2015. M.: Standardinform; 2014. (In Russ).

3. GOST 10444.15-94. Food products. Methods for determining the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms. Introd. 01/01/1996. M.: Standardinform; 2010. (In Russ).

4. GOST 26669-85. Food and flavoring products. Preparation of samples for microbiological analyses. Introd. 01/07/1986. M.: Standards Publishing House; 1986. (In Russ).
5. GOST 26670-91. Food products. Methods for cultivating microorganisms. Introd. 01/01/1993. M.: Standards Publishing House; 1992. (In Russ).
6. GOST 31904-2012. Food products. Sampling methods for microbiological tests. Introd. 01/07/2013. M.: Standartinform, 2014. (In Russ).
7. GOST 32065-2013. Dried vegetables. General technical conditions. Introd. 07/01/2014. M.: Standardinform; 2019. (In Russ).
8. GOST 33977-2016. Processed fruit and vegetable products. Methods for determining total dry matter content. Enter. 01/01/2018. M.: Standardinform; 2019.
9. GOST 34130-2017. Dried fruits and vegetables. Test methods. Introd. 01/01/2019. M.: Standardinform; 2018. (In Russ).
10. GOST ISO 7218-2015. Microbiology of food products and animal feed. General requirements and recommendations for microbiological studies. Introd. 01/07/2016. M.: Standardinform; 2016. (In Russ).
11. Ignatchuk A.V., Rakhta A.A. Vegetable chips and diet. Vegetable chips and sports. NovaInfo.Ru. 2023: 6-7. (In Russ).
12. Martyanova V.S., Chetyrkina E.V., Rakhimova Yu.A. Technology of vegetable chips obtained using infrared drying. Young scientist. 2020: 513-515. (In Russ).
13. Ryadinskaya A.A., Ordina N.B., Koshchayev I.A. etc. Development of elements of technology for the production of vegetable chips from local plant materials. Problems of development of the regional agro-industrial complex. 2020. pp. 169-175. (In Russ).
14. Method for producing berry and vegetable chips with increased antioxidant effect: RF patent No. RU2738968. / Bykov D.E., Makarova N.V., Aleksashina S.A.; application 19/02/2020; publ. 12/21/2020, Bulletin. No. 36. (In Russ).
15. TR TS 021/2011. Technical regulations of the Customs Union «On food safety». Introd. 07/01/2013. M.: Standardinform; 2013. (In Russ).
16. Barril P.A., Oteiza J.M., Pardoc J., Leottad G.A., Signorini M.L. Meta-analysis of the prevalence of the main human pathogens in vegetables, with emphasis on lettuce. Food Research International. 2022.
17. Basseley E J., Sun J.H. Novel nonthermal and thermal pretreatments for enhancing drying performance and improving quality of fruits and vegetables. Trends in Food Science & Technology. 2021.
18. Cieurzyńska A., Marczak W., Lenart A., Janowicz M. Production of innovative freeze-dried vegetable snack with hydrocolloids in terms of technological process and carbon footprint calculation. Food Hydrocolloids. 2020.
19. Ertekin C., Aktas T., Alibas I., Essalhi H. 15 – Drying of fruits and vegetables. Drying Technology in Food Processing. 2023.
20. Gavahian M., Nayi P., Masztalerz K., Szumny A., Figiel A. Cold plasma as an emerging energy-saving pretreatment to enhance food drying: Recent advances, mechanisms involved, and considerations for industrial applications. Trends in Food Science & Technology. 2024.
21. Jafari F., Movagharnjad K., Sadeghi E. Infrared drying effects on the quality of eggplant slices and process optimization using response surface methodology. Food Chemistry. 2020.
22. Jung S., Yi Y., Chang M. et al. An improved extraction method for acrylamide determination in fruit and vegetable chips through enzyme addition // Food Chemistry. 2021.
23. Korese J.K., Achaglinkame M.A. Convective drying of Gardenia erubescens fruits: Effect of pretreatment, slice thickness and drying air temperature on drying kinetics and product quality. Heliyon. 2024.

24. Llavata B., Collazos-Escobar G.A., García-Pérez J.V. et al. PEF pre-treatment and ultrasound-assisted drying at different temperatures as a stabilizing method for the up-cycling of kiwifruit: Effect on drying kinetics and final quality. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2024.

25. Mendonça K.S., Corrêa J.L., Junqueira J.R. et al. Peruvian carrot chips obtained by microwave and microwave-vacuum drying. *LWT*. 2023.

26. Nudara J., Roy M., Ahmed S. Combined osmotic pretreatment and hot air drying: Evaluation of drying kinetics and quality parameters of adajamir (*Citrus assamensis*). *Helvion*. 2023.

27. Onwude D.I., Iranshahi K., Rubinetti D. et al. Thijs Defraeye. How much do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetables for convective drying? *Food and Bioproducts Processing*. 2022.

28. Salehi F., Goharpour K., Kamran H.R. Effects of ultrasound and microwave pretreatments of carrot slices before drying on the color indexes and drying rate. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2023.

29. Thomas G.A., Gil T.P., Müller C.T. et al. From field to plate: How do bacterial enteric pathogens interact with ready-to-eat fruit and vegetables, causing disease outbreaks? *Food Microbiology*. 2024.

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Татьяна Викторовна Першакова**, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»  
7999997@inbox.ru

**Татьяна Викторовна Яковлева**, кандидат технических наук, доцент, зам. директора по науке, «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»  
yakovleva\_yy@mail.ru

**Юлия Николаевна Чернявская**, аспирант, младший научный сотрудник, «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» – фи-

**Tatyana V. Pershakova**, Dr Sci. (Engineering), Associate Professor, Leading Researcher, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»  
7999997@inbox.ru

**Tatyana V. Yakovleva**, PhD (Engineering), Associate professor, Deputy director for science, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»  
yakovleva\_yy@mail.ru

**Julia N. Chernyavskaya**, Post graduate student, Junior researcher, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasus Federal

лиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»  
yulya19992011@mail.ru

**Дарья Вадимовна Котвицкая**, аспирант, младший научный сотрудник, «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»  
daryakotvitskaya@gmail.com

**Анна Анатольевна Тягушева**, аспирант, младший научный сотрудник, «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»  
777Any777@mail.ru

Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»  
yulya19992011@mail.ru

**Daria V. Kotvitskaya**, Post graduate student, Junior researcher, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the of the FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»  
daryakotvitskaya@gmail.com

**Anna A. Tyagushcheva**, Post graduate student, Junior researcher, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the of the FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»  
777Any777@mail.ru

#### **Заявленный вклад соавторов**

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

#### **Claimed contribution of co-authors**

All authors of the research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of the article have read and approved the final version submitted.

---

Поступила в редакцию 26.03.2024; поступила после рецензирования 02.05.2024; принята к публикации 03.05.2024

Received 26.03.2024; Revised 02.05.2024; Accepted 03.05.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-120-129>

УДК [664:641.5]:574.6

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Использование комплекса микроорганизмов в технологии производства йогурта

Екатерина С. Смирнова\*, Ева В. Ражина, Надежда Л. Лопаева,  
Инна М. Хайрова, Вера Н. Синько, Любовь М. Стахеева, Андрей В. Шиловцев.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»;  
ул. Карла-Либкнехта, 42, г. Екатеринбург, 620075, Российская Федерация*

**Аннотация.** Кисломолочные продукты являются одними из самых распространенных продуктов питания среди населения. К этой категории продуктов относится йогурт, который представлен на прилавках магазинов в различных его вариациях: с разной концентрацией кислотности, с разнообразными добавками, разной жирности. В статье изложены результаты исследований по влиянию комплекса микроорганизмов на показатели качества йогурта (органолептические, физико-химические). Целью работы являлось изучить действие разного объема симбиотической закваски на показатели качества йогурта. Исследования проводились на базе лаборатории кафедры биотехнологии и пищевых продуктов ФГБОУ ВО «Уральского ГАУ». Методы. Было произведено и проанализировано четыре образца йогурта: контрольный и три опытных. У готовых продуктов оценивали органолептические характеристики и массовую долю белка (ГОСТ 31981-2013). Кислотность устанавливали по ГОСТ 31976-2012. Результаты. Лучшим, по мнению экспертов, был признан образец № 2 с общим объемом комплекса микроорганизмов 70 мл на 150 г готового продукта. Этот образец имел однородную консистенцию, ненарушенный сгусток, отделение сыворотки не наблюдалось; вкус и запах – чистые, кисломолочные; цвет – молочно-белый. Все опытные образцы имели отклонения по массовой доле белка. Так, в образце № 1 МДБ составила 3,4%, в образцах № 2 и № 3 – 3,6 и 3,8%. Полученные показатели были выше нормативных значений на 0,2, 0,4 и 0,6% соответственно. Кислотность во всех образцах находилась в пределах нормы.

**Заключение.** Йогурт, с включением в него комплекса микроорганизмов, может расширить линейку продуктов функциональной направленности, а добавленные из симбиотической закваски позволят улучшить свойства продукта и отнести его к функциональным.

**Ключевые слова:** йогурт, бактериальная закваска, симбиотическая закваска, лактобактерии, пробиотики, функциональный продукт, кислотность, белок

*Для цитирования:* Смирнова Е.С., Ражина Е.В., Лопаева Н.Л. и др. Использование комплекса микроорганизмов в технологии производства йогурта. Новые технологии / *New technologies.* 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-120-129>

## The use of a complex of microorganisms in yogurt production technology

Ekaterina S. Smirnova\*, Eva V. Razhina, Nadezhda L. Lopayeva,  
Inna M. Khairova, Vera N. Sinko, Lyubov M. Stakheeva, Andrey V. Shilovtsev

FSBEI HE «Ural State Agrarian University»; 42 Karl-Libknecht str.,  
Ekaterinburg, 620075, the Russian Federation

**Abstract.** Fermented milk products are one of the most common foods among the population. This category of products includes yogurt, which is available in its various variations: with different acidity concentrations, with various additives, and different fat content. The article presents the results of studies on the influence of a complex of microorganisms on the quality indicators of yogurt (organoleptic, physicochemical). The purpose of the research was to study the effect of different volumes of symbiotic starter on the quality indicators of yogurt. The research was carried out in the laboratory of the Department of Biotechnology and Food Products of the Ural State Agrarian University.

**The Methods.** Four yogurt samples were produced and analyzed: a control sample and three experimental ones. The finished products were assessed for organoleptic characteristics and mass fraction of protein (GOST 31981-2013). Acidity was set according to GOST 31976-2012.

**The Results.** According to experts, sample No. 2 was recognized as the best, with a total volume of the complex of microorganisms of 70 ml per 150 g of the finished product. This sample had a uniform consistency, undisturbed clot, and no whey separation was observed; taste and smell – pure, fermented milk; color – milky white. All test samples had deviations in the protein mass fraction. Thus, in sample No. 1, MDB was 3.4%, in samples No. 2 and No. 3 – 3.6 and 3.8%. The obtained indicators were higher than the standard values by 0.2, 0.4 and 0.6%, respectively. Acidity in all samples was within normal limits.

**The Conclusion.** Yogurt, with a complex of microorganisms can expand the line of functional products, and the addition of symbiotic starters will improve the properties of the product and classify it as functional.

**Keywords:** yogurt, bacterial starter, symbiotic starter, lactobacilli, probiotics, functional product, acidity, protein

**For citation:** Smirnova E.S., Razhina E.V., Lopaeva N.L. et al. The use of a complex of microorganisms in yogurt production technology. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-120-129>

**Введение.** В последнее время набирает популярность тенденция правильного и здорового питания, а как итог – разработка продуктов функциональной направленности характеризующихся высокой биологической ценностью [1, с. 57; 2, с. 68].

Для расширения ассортимента линейки такого вида продуктов кроме растительного сырья, вводятся различные культуры микроорганизмов, которые могут повысить биологическую ценность готового изделия

[3, с. 56; 4, с. 214; 5, с. 173]. В качестве такого источника ученые предлагают использовать синбиотический комплекс микроорганизмов, который состоит из штаммов пробиотических бактерий с доказанным специфическим положительным действием на макроорганизм, а также пребиотические вещества, повышающие избирательность действия «полезной» микрофлоры желудочно-кишечного тракта и ее биологическую активность [6, с. 82; 7, с.168; 8, с. 22].

Йогурт – кисломолочный продукт, изготавливаемый путем сквашивания молока различными видами микроорганизмов. Чаще всего для его производства применяют заквасочные культуры, в состав которых входят *Lactobacillus bulgaricus* и *Streptococcus thermophilus*. В диетическом питании этот продукт является одним из основных. Конарбаева З.К. и Сарсенова А.А. отмечают полезность молочных продуктов, так как и в их составе присутствует большое количество белка, все необходимые аминокислоты, калий, фосфор, витамины А, D, В<sub>12</sub>, углеводы. Кальций, содержащийся в йогурте, усваивается лучше всего и является необходимым компонентом для здоровья костей, суставов, зубов [9, с. 25]. Специалисты рекомендуют его употреблять в качестве позднего перекуса, или вместо ужина, так как он нормализует работу ЖКТ. За счет своего состава йогурт подойдет людям, которые следят за своим питанием или занимаются спортом. Кроме того, систематическое употребление кисломолочного продукта способствует защите слизистой оболочки кишечника от язв, гастрита и повышает защитные функции организма [10, с. 12607; 11, с. 28].

Создание продуктов питания, обладающих высокой биологической ценностью всегда было и есть одной из важнейших задач [4, с. 214; 12, с. 128].

Для решения этого вопроса Nadirova S.A. и Sinyavskiy Yu. A. предлагают использовать комплекс микроорганизмов на основе симбиотиков. В отличие от других видов микроорганизмов в состав такой заквасочной культуры входит целый комплекс различных штаммов, обладающих пребиотическим эффектом. За счет своего такого состава кисломолочный продукт приобретает функциональную направленность, а именно повышается избирательное действие «полезной» микрофлоры желудочно-кишечного тракта и ее биологическая активность [13, с. 130; 14, с. 91].

Распространенными способами улучшения свойств кисломолочной продукции, по мнению Krotovoj O.E. и ученых, является применение заквасок, обладающих свойствами загустителя [15, с. 97; 16, с. 65].

Симбиотики – это физиологически функциональные пищевые ингредиенты, которые состоят из пробиотиков, оказывающих взаимное усиливающее воздействие на физиологические функции и процессы обмена веществ в организме человека [17, с. 56; 18, с. 514].

Наиболее часто встречаются сочетания бифидо- и лактобактерий. Их используют в качестве профилактических средств при лечении дисбактериоза, иммунодефицитных состояний и диспепсических расстройств, связанных с недостаточным пищеварением или воспалительным процессом в толстой кишке [19, с. 160; 20, с. 68].

Исходя из этого, **целью** нашего исследования являлось, изучение действия разного объема комплекса микроорганизмов на показатели качества йогурта.

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводились в лаборатории кафедры биотехнологии и пищевых продуктов Уральского государственного аграрного университета.

В качестве объектов исследования выступало три образца йогурта, в который в разном объеме была внесена симбиотическая закваска. Был приготовлен контрольный образец по ГОСТ 31981-2013, который выступал в качестве эталона при оценке органолептических показателей опытных образцов.

Термостатированные образцы производили в йогуртнице REDMOND RYM-M5401-E (Китай) в течение 8 часов. Для йогурта использовали молоко нормализованное (ГОСТ 32922-2014) 3,20% жирности торговой марки «Ирбитское» (АО «Ирбитский молочный завод», Россия).

Оценка качества сырья для производства йогурта проводилась по ГОСТ

32922-2014 Молоко коровье пастеризованное – сырье. Технические условия. Оценивали показатели внешнего вида и кислотность. Оценку органолептических свойств и массовой доли белка (МДБ) в готовых образцах определяли в соответствии с ГОСТ 31981-2013 Йогурты. Общие технические условия. Кислотность уста-

навливали титриметрическим методом по ГОСТ 31976-2012 Йогурты и продукты йогуртные. Потенциометрический метод определения титруемой кислотности.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Рецепт приготовления йогурта термостатным способом показана в таблице 1.

Таблица 1

Рецептура приготовления йогурта термостатного

Table 1

Recipe for making thermostat yogurt

Образец	Ингредиенты		
	Молоко нормализованное (3,2%), мл	Закваска бактериальная, г	Симбиотическая закваска «Курунга», мл
Контрольный	150	0,45	–
№ 1	110	0,45	40
№ 2	80	0,45	70
№ 3	50	0,45	100

Процесс приготовления йогурта начали с подготовки сырья. Вначале определили кислотность молока титриметрическим методом с использованием в качестве индикатора фенолфталеина. В результате анализа показатель титруемой кислотности составил 21°Т, что соответствует молоку 1 класса.

После чего подготовили симбиотическую закваску «Курунга», в состав которой входят: 90 штаммов пребиотиков, бифидобактерии, лактобактерии, уксуснокислые бактерии, аминокислоты, витамины группы В, А, Са, Fe, Mg, Se, К, D. Для этого взяли 5 таблеток «Курунги» и смешали их с небольшим количеством (около 100 мл) нормализованного подогретого до 40°С молока. Все тщательно перемешали. После чего добавили оставшееся молоко и оставили сквашиваться в теплом месте (30–40°С) на 24 часа. После чего смесь охладили и повторно перемешали.

Затем приступили к производству термостатного йогурта. Технология про-

изводства опытных образцов состояла из нескольких этапов:

1. термическая обработка нормализованного молока-сырья до 40–42°С;
2. внесение бактериальной закваски (3 г/л);
3. гомогенизация смеси;
4. внесение симбиотической закваски «Курунга» в объеме 40, 70 и 100 мл от общего объема;
5. повторная гомогенизация;
6. розлив;
7. термостатирование (8 ч);
8. охлаждение и стабилизация смеси (2 ч).

В результате получили 4 образца: контрольный – на основе бактериальной закваски для йогурта «Иван-поле»; образец 1 – бактериальная закваска «Иван-поле» + симбиотическая закваска «Курунга» (40 мл); образец 2 – бактериальная закваска «Иван-поле» + симбиотическая закваска «Курунга» (70 мл);

образец 3 – бактериальная закваска «Иван-поле» + симбиотическая закваска «Курунга» (100 мл).

Проведен контроль качества готовых образцов по органолептическим и физико-химическим показателям.

Оценку органолептических свойств

йогурта проводила экспертная комиссия из 7 человек, в состав которой входили члены профессорско-преподавательского состава кафедры биотехнологии и пищевых продуктов ФГБОУ ВО «Уральский ГАУ». Результаты оценки представлены на рисунке 1.

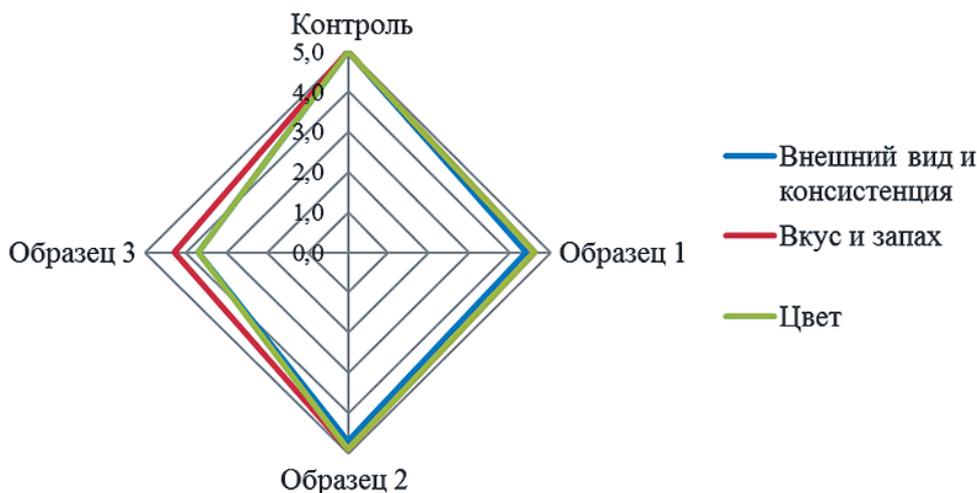


Рис. 1. Профиллограмма органолептических показателей йогурта

Fig. 1. Profillogram of organoleptic parameters of yogurt

Лучшим опытным образцом по органолептическим показателям был признан образец № 2, с добавлением бактериальной закваски «Иван-поле» и симбиотической закваски «Курунга» в объеме 70 мл. Продукт имел однородную консистенцию с ненарушенным сгустком; вкус и запах – кисломолочный, слегка кисловатый; цвет – молочно-белый. Образец набрал наибольшее количество баллов – 4,8, по сравнению с двумя другими образцами. Опытные образцы № 1 и № 3 набрали 4,5 и 3,9 баллов соответственно. В образце № 1 в небольшом количестве присутствовала сыворотка, полученный сгусток был неоднородный, вкус и запах – кисломолочные, цвет – в норме. Образец № 3 отличался вязкой консистенцией, нарушенным сгустком, запах – кисломолочный, вкус – кислый. Цвет соответствовал норме.

Определены основные физико-химические показатели исследуемых образцов

в соответствии с требованиями ГОСТ 31981-2013 Йогурты. Общие технические условия. Результаты испытаний представлены на рисунке 2, 3.

Из данных рисунка 2 видно, что все образцы йогурта соответствовали требованиям ГОСТ. Они находились в рамках установленных значений (75–140°Т). Наибольшим уровнем кислотности характеризовался опытный образец № 3 (140°Т).

Контрольный образец йогурта соответствовал требованиям ГОСТ 31981-2013 по массовой доле белка (3,2%), у остальных образцов данный показатель был выше установленного значения. Так, у образца № 2, набравшего максимальное количество баллов в ходе дегустационной оценки (4,8) показатель МДБ составил 3,5%, а образца № 3 – 3,8%, что выше нормы на 0,5 и 0,3% соответственно. Незначительные отклонения от нормы (0,2%) были выявлены в 1 образце (рисунок 3).

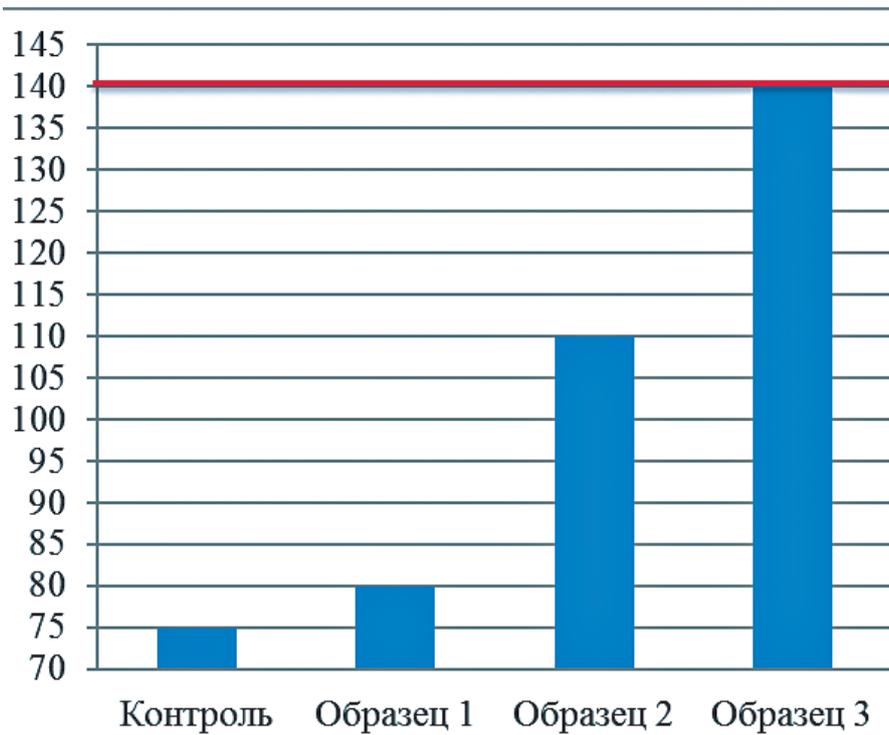


Рис. 2. Показатели титруемой кислотности готовых образцов йогурта, °T

Fig. 2. Indicators of titratable acidity of ready yogurt samples, °T

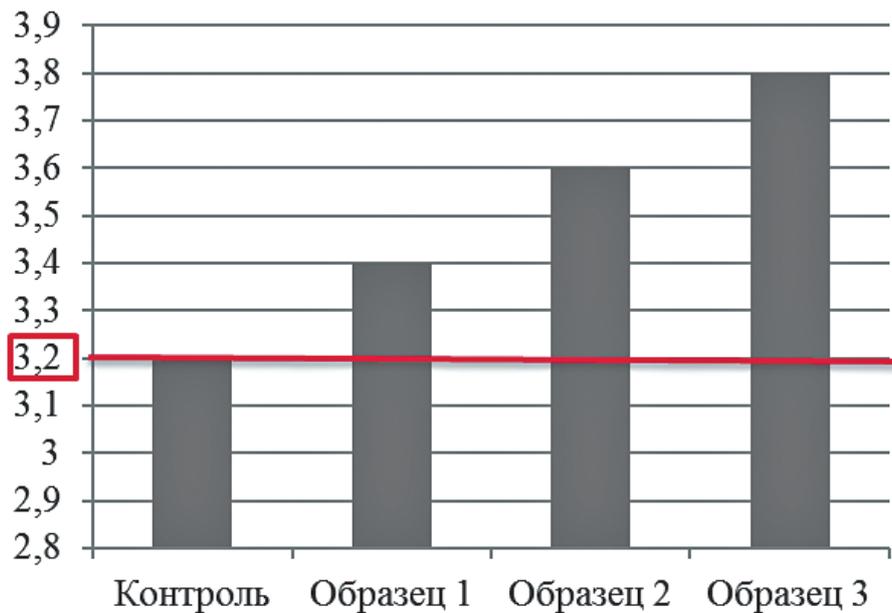


Рис. 3. Показатель массовой доли белка готовых образцов йогурта, %

Fig. 3. Protein mass fraction of finished yogurt samples, %

**Заключение.** По данным проведенных экспертиз было установлено, что лучшим, среди опытных образцов был образец № 2 с добавлением симбиотической закваски «Курунга» в объеме 70 мл. Полученный продукт характеризовался однородной консистенцией, в меру кисловатый, цвет – молочно-белый. Вносимая заквасочная культура никак не отразилась на кислотности готового продукта. Все образцы по данному показателю соответствовали требованиям ГОСТ. В ходе эксперимента

была обнаружена взаимосвязь – с увеличением объема симбиотической закваски повышается массовая доля белка в готовом продукте.

Таким образом, применение симбиотической закваски в сочетании с бактериальной способно улучшать свойства готового продукта, что благоприятно может отразиться на работе желудочно-кишечного тракта и стать отличной альтернативой медицинским препаратам.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Potoroko I.Yu., Kadi A.M.Y., Wang Minglei et al. Development of yogurt based on lactose-free milk with a functional bioactive compound. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2023; 11(2): 57-64.
2. Яковлева С.Ю., Тригуб В.В., Попов В.Г. Совершенствование рецептур и технологий получения йогурта функциональной направленности. Индустрия питания. 2021; 6(2): 67-74.
3. Жүсіп Н., Байтуkenова С.Б. Функционалдык тұрғыдағы йогурттардың органолептикалық және физикалық-химиялық көрсеткіштерін. Механика и технологии. 2022; 1(75): 55-64.
4. Dunchenko N.I., Yankovskaya V.S. A new approach to developing the quality of yoghurts with functional ingredients. Food Processing: Techniques and Technology. 2022. 52(2): 214-221.
5. Ражина Е.В., Смирнова Е.С., Горелик О.В. и др. Обогащение йогурта соком топинамбура разных сортов. Молочнохозяйственный вестник. 2023; 2(50): 173-183.
6. Амирханова А.Ш., Жексенбай Н., Кизатова М.Ж. и др. Емдік профилактикалық мақсатта қолданылатын пектин құрамды йогурттың реологиялық қасиетін зерттеу. Фармация Казахстана. 2022; 2: 82-89.
7. Nataraj B.H., Behare P.V., Ali S.A. et al. Postbiotics-parabiotics: The new horizons in microbial biotherapy and functional foods Microbial Cell Factories. 2020; 19(1): 168.
8. Стурова Ю.Г., Гришкова А.В., Хавров Я.В. Создание функционального продукта на основе молочного белково-углеводного сырья. Сыроделие и маслоделие. 2020; 2: 22-26.
9. Конарбаева З.К., Сарсенова А.А. Расширение ассортимента молочных продуктов функционального назначения. Вестник науки Южного Казахстана. 2021; 1(13): 25-30.
10. Olson D.W., Aryana K.J. Probiotic Incorporation into Yogurt and Various Novel Yogurt-Based Products. Applied Sciences (Switzerland). 2022; 12(24): 12607.
11. Ткачева Н., Елисеева Т. Йогурт: влияние на здоровье и польза, доказанная учеными. Журнал здорового питания и диетологии. 2022; 19: 28-33.
12. Lodygin A.D., Kulikova I.K., Mikhailov I.Yu. The goat milk composition and properties as a raw material for functional foods manufacturing. Modern Science and Innovations. 2023; 3(43): 126-140.
13. Nadirova S.A., Sinyavskiy Yu.A. Biotechnological approaches to the creation of new fermented dairy products. Eurasian Journal of Applied Biotechnology. 2022; 4: 130-136.

14. Харитонов Д.В., Харитонова И.В., Просеков А.Ю. Разработка концепции создания синбиотиков и синбиотических молочных продуктов. Техника и технология пищевых производств. 2013; 4(31): 91-94.
15. Krotova O.E., Savenkov K.S., Savenkova M.N. The technology of production of a functional fermented milk product enriched with a vegetable component. Modern Science and Innovations. 2022; 2(38): 96-102.
16. Яковлева С.Ю., Тригуб В.В., Николенко М.В. и др. Анализ рецептуры и свойств симбиотического йогурта. Ползуновский вестник. 2022; 2: 65-73.
17. Демина Е.Н., Симоненкова А.П., Сафронова О.В. и др. Комплексная оценка качества йогурта обогащенного. Ползуновский вестник. 2020; 1: 56-60.
18. Tsugkiev B.G., Kabisov R.G., Ramonova E.V. et al. Dairy functional-use products with the addition of prebiotics. Annals of Tropical Medicine and Public Health. 2018; 10(S): 514-18.
19. Бояринаева И.В. Пробиотики в функциональном питании. Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. 2020; 3(104): 160-163.
20. Bondar M. Symbiotics: combinations, advantages of prebiotics and probiotics. The Scientific Heritage. 2021; 68-1(68): 20-26.

#### REFERENCES:

1. Potoroko I.Yu., Kadi A.M.Y., Wang Minglei et al. Development of yogurt based on lactose-free milk with a functional bioactive compound. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2023; 11(2): 57-64.
2. Yakovleva S.Yu., Trigub V.V., Popov V.G. Improving recipes and technologies for producing functional yogurt. Food industry. 2021; 6(2): 67-74. (In Russ).
3. Zhusip N., Baitukenova S.B. Functionalities of yoghurt and organoleptics and physical and chemical components. Mechanics and technology. 2022; 1(75): 55-64.
4. Dunchenko N.I., Yankovskaya V.S. A new approach to developing the quality of yoghurts with functional ingredients. Food Processing: Techniques and Technology. 2022. 52(2): 214-221. (In Russ).
5. Razhina E.V., Smirnova E.S., Gorelik O.V. et al. Enrichment of yogurt with Jerusalem artichoke juice of different varieties. Dairy Bulletin. 2023; 2(50): 173-183. (In Russ).
6. Amirkhanova, A.Sh., Zheksenbay, N., Kizatova, M.Zh. et al. Pharmacy of Kazakhstan. 2022; 2: 82-89. (In Russ).
7. Nataraj B.H., Behare P.V., Ali S.A. et al. Postbiotics-parabiotics: The new horizons in microbial biotherapy and functional foods Microbial Cell Factories. 2020; 19(1): 168.
8. Sturova Yu.G., Grishkova A.V., Khavrov Ya.V. Creation of a functional product based on milk protein-carbohydrate raw materials. Cheese making and butter making. 2020; 2:22-26. (In Russ).
9. Konarbaeva Z.K., Sarsenova A.A. Expanding the range of functional dairy products. Bulletin of Science of Southern Kazakhstan. 2021; 1(13): 25-30. (In Russ).
10. Olson D.W., Aryana K.J. Probiotic Incorporation into Yogurt and Various Novel Yogurt-Based Products. Applied Sciences (Switzerland). 2022; 12(24): 12607.
11. Tkacheva N., Eliseeva T. Yogurt: effects on health and benefits proven by scientists. Journal of Healthy Eating and Dietetics. 2022; 19: 28-33. (In Russ).
12. Lodygin A.D., Kulikova I.K., Mikhailov I.Yu. The goat milk composition and properties as a raw material for functional foods manufacturing. Modern Science and Innovations. 2023; 3(43): 126-140. (In Russ).

13. Nadirova S.A., Sinyavskiy Yu.A. Biotechnological approaches to the creation of new fermented dairy products. Eurasian Journal of Applied Biotechnology. 2022; 4: 130-136. (In Russ).

14. Kharitonov D.V., Kharitonova I.V., Prosekov A.Yu. Development of the concept of creating synbiotics and synbiotic dairy products. Equipment and technology of food production. 2013; 4(31): 91-94. (In Russ).

15. Krotova O.E., Savenkov K.S., Savenkova M.N. The technology of production of functional fermented milk product enriched with a vegetable component. Modern Science and Innovations. 2022; 2(38): 96-102. (In Russ).

16. Yakovleva S.Yu., Trigub V.V., Nikolenko M.V. et al. Analysis of the recipe and properties of symbiotic yogurt. Polzunovsky Bulletin. 2022; 2: 65-73. (In Russ).

17. Demina E.N., Simonenkova A.P., Safronova O.V. et al. Comprehensive assessment of the quality of fortified yogurt. Polzunovsky Bulletin. 2020; 1:56-60. (In Russ).

18. Tsugkiev B.G., Kabisov R.G., Ramonova E.V. et al. Dairy functional-use products with the addition of prebiotics. Annals of Tropical Medicine and Public Health. 2018; 10(S): 514-18. (In Russ).

19. Boyarineva I.V. Probiotics in functional nutrition. Bulletin of Khabarovsk State University of Economics and Law. 2020; 3(104): 160-163. (In Russ).

20. Bondar M. Symbiotics: combinations, advantages of prebiotics and probiotics. The Scientific Heritage. 2021; 68-1(68): 20-26.

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Екатерина Сергеевна Смирнова**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии пищевых продуктов, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»  
ekaterina-kazantseva@list.ru  
тел.: +7 (912) 664 98 57

**Ekaterina S. Smirnova**, PhD (Agriculture), Associate Professor, the Department of Food Biotechnology, FSBEI HE «Ural State Agrarian University»  
ekaterina-kazantseva@list.ru  
tel.: +7 (912) 664 98 57

**Ева Валерьевна Ражина**, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии пищевых продуктов, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»  
eva.mats@mail.ru  
тел.: +7 (982) 739 63 51

**Eva V. Razhina**, PhD (Biology), Associate Professor, the Department of Food Biotechnology, FSBEI HE «Ural State Agrarian University»  
eva.mats@mail.ru  
tel.: +7 (982) 739 63 51

**Надежда Леонидовна Лopaева**, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»  
lopaeva77@mail.ru  
тел.: +7 (922) 619 97 14

**Nadezhda L. Lopaeva**, PhD (Biology), Associate Professor, the Department of Food Biotechnology, FSBEI HE «Ural State Agrarian University»  
lopaeva77@mail.ru  
tel.: +7 (922) 619 97 14

**Инна Михайловна Хайрова**, старший преподаватель кафедры хирургии, акушерства и микробиологии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»  
khairova70@mail.ru  
тел.: +7(777) 998 97 66

**Inna M. Khairova**, Senior lecturer, the Department of Surgery, Obstetrics and Microbiology, FSBEI HE «Ural State Agrarian University»  
khairova70@mail.ru  
tel.: +7(777) 998 97 66

**Вера Николаевна Синько**, старший преподаватель кафедры философии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»  
vsinko71@mail.ru  
тел.: +7(919) 580 65 93

**Vera N. Sinko**, Senior lecturer, the Department of Philosophy, FSBEI HE «Ural State Agrarian University»  
vsinko71@mail.ru  
tel.: +7(919) 580 65 93

**Любовь Михайловна Стахеева**, доцент кафедры бухгалтерского учета и аудита, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»  
staheeva53@mail.ru  
тел.: +7 (912) 247 14 68

**Lyubov M. Stakheeva**, Associate Professor, the Department of Accounting and Auditing, FSBEI HE «Ural State Agrarian University»  
staheeva53@mail.ru  
tel.: +7 (912) 247 14 68

**Андрей Владимирович Шиловец**, кандидат исторических наук, доцент кафедры философии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»  
a.shilovtsev@mail.ru  
тел.: +7 (922) 222 55 98

**Andrey V. Shilovtsev**, PhD (History), Associate Professor, the Department of Philosophy, FSBEI HE «Ural State Agrarian University»  
a.shilovtsev@mail.ru  
tel.: +7 (922) 222 55 98

#### **Заявленный вклад соавторов**

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

#### **Claimed contribution of co-authors**

All authors of the research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of the article have read and approved the final version submitted.

---

Поступила в редакцию 29.03.2024; поступила после рецензирования 02.05.2024; принята к публикации 03.05.2024

Received 29.03.2024; Revised 02.05.2024; Accepted 03.05.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-130-142>

УДК 664.664

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Совершенствование технологии безглютенового хлеба из композитных смесей муки

Александра И. Соловьева\*, Дарья А. Брагина, Юлия В. Ушакова,  
Гульсара Е. Рысмухамбетова

*ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики,  
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; пр-кт им. Петра Столыпина,  
зд. 4, стр. 3, г. Саратов, 410012, Российская Федерация*

**Аннотация.** В данной работе представлены исследования по разработке технологии хлеба из безглютеновых композитных смесей: № 1 из смеси рисовой и льняной муки (70:30), № 2 из льняной и кукурузной муки (50:50) и № 3 из тыквенной и кукурузной муки (50:50). Проведенный социологический опрос показал, что потенциальные потребители заинтересованы в расширении линейки безглютеновых продуктов питания в Саратовской области. Определены следующие технологические параметры производства безглютенового хлеба: продолжительность расстойки – 100 минут, температура в камере 35°C и относительная влажность воздуха 40%. Выпечка хлеба производилась в течение 9 минут при 200°C и 35 минут при 180°C с относительной влажностью в рабочей камере 40%. Физико-химические исследования показали, что содержание влаги в трех образцах безглютенового хлеба превышало в 1,17 раз норму (46,0) по сравнению с контролем. В свою очередь, кислотность мякиша образцов находилась в диапазоне 5,5–7,2 град. соответственно, что превышало норму. Пористость мякиша у разработанных образцов 65,22–68,03% соответственно, при этом менее 68% объясняется использованием безглютеновых смесей, которые неспособны образовывать упругий эластичный каркас у изделий. Разработанный безглютеновый хлеб по содержанию КМАФАНМ, бактерий группы кишечных палочек, *Staphylococcus aureus*, бактерий рода *Proteus*, плесневых грибов и патогенных микроорганизмов, в том числе *Salmonella*, соответствует ТР ТС 021/2011.

В результате исследований был выбран образец № 3 из тыквенной и кукурузной муки (50:50), который по совокупным физико-химическим и органолептическим характеристикам имел высокие показатели. Выбранный образец обладал формоустойчивостью, приятным вкусом, ароматом и пропеченным мякишем.

**Ключевые слова:** безглютеновый хлеб, глютен, целиакия, композитные смеси муки, рисовая мука, кукурузная мука, льняная мука, тыквенная мука

### Б л а г о д а р н о с т и

*Работа выполнена при поддержке гранта Фонда содействия инновациям, предоставленного в рамках программы «Студенческий стартап» федерального проекта «Платформа университетского технологического предпринимательства» (Договор (соглашение) № 1708ГССС15-Л/88390)*

*Для цитирования: Соловьева А.И., Брагина Д.А., Ушакова Ю.В и др. Совершенствование технологии безглютенового хлеба из композитных смесей муки. Новые технологии / New technologies. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-130-142>*

## Improving the technology of gluten-free bread from composite flour mixtures

Aleksandra I. Soloveva\*, Daria A. Bragina, Yulia V. Ushakova,  
Gulsara Y. Rysmukhambetova

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov», 4 Peter Stolypin prospect, building 4, house 3, Saratov, 410012, the Russian Federation*

**Abstract.** The article presents the research on the development of bread technology from gluten-free composite mixtures: No. 1 from a mixture of rice and flax flour (70: 30), No. 2 from flax and corn flour (50: 50) and No. 3 from pumpkin and corn flour (50: 50). A sociological survey conducted has shown that potential consumers are interested in expanding the line of gluten-free food products in the Saratov region. The following technological parameters for the production of gluten-free bread were determined: proofing time – 100 minutes, chamber temperature 35°C and relative air humidity 40%. The bread was baked for 9 minutes at 200°C and 35 minutes at 180°C with a relative humidity in the working chamber of 40%. Physico-chemical studies showed that the moisture content in three samples of gluten-free bread was 1.17 times higher than the norm (46.0) compared to the control. In turn, the acidity of the sample crumb was in the range of 5.5–7.2 degrees, respectively, which exceeded the norm. The crumb porosity of the developed samples was 65.22–68.03%, respectively, while less than 68% was explained by the use of gluten-free mixtures, which were unable to form an elastic elastic frame in the products. The developed gluten-free bread contained QMAFAnM, coliform bacteria, *Staphylococcus aureus*, bacteria of the genus *Proteus*, mold fungi and pathogenic microorganisms, including *Salmonella*, and complies with TR CU 021/2011.

As a result of the research, sample No. 3 was selected from pumpkin and corn flour (50: 50), which had high performance in terms of overall physicochemical and organoleptic characteristics. The selected sample had dimensional stability, pleasant taste, aroma and baked crumb.

**Keywords:** gluten-free bread, gluten, celiac disease, composite flour mixtures, rice flour, corn flour, flaxseed flour, pumpkin flour

### A c k n o w l e d g m e n t s

*The work was carried out with the support of a grant from the Innovation Promotion Fund provided within the framework of the «Student Startup» program of the federal project «University Technological Entrepreneurship Platform» (Contract (agreement) No. 1708ГССС15-Л/88390)*

*For citation:* Solovyova A.I., Bragina D.A., Ushakova Yu.V. et al. Improving the technology of gluten-free bread from composite composite flour mixtures. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-130-142>

**Введение.** В настоящее время актуальной задачей государства является сохранение и поддержание здоровья населения. Для реализации поставленных задач были приняты Распоряжение Правительства РФ об утверждении плана мероприятий по реализации «Стратегии повышения качества пищевой продукции в РФ до 2030 года» и развивающая ее положение «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации» [10, 15].

Вследствие этого стремительно возрастает необходимость в производстве специализированных продуктов питания, которые отвечают современным требованиям качества, в том числе продуктов свободных от определенных ингредиентов. Для людей, страдающих различными видами пищевой непереносимости и / или аллергий.

К видам пищевой непереносимости можно отнести целиакию или глютеную энтеропатию. Данное заболевание передается по наследству и связано с непереносимостью глютена – белкового компонента клейковины злаков, который вызывает в организме широкий спектр патологических изменений [1, 2]. Поскольку глютен содержится в пшенице, ржи и ячмене, то люди, страдающие целиакией, вынуждены полностью ограничивать употребление любых изделий из этих видов злаков (хлеба, макаронных изделий и т. д.) [7]. В связи с вышесказанным разработка безглютенового хлеба специализированного назначения является актуальной задачей [11].

**Целью** данной работы являлось совершенствование технологии безглютенового хлеба из композитных смесей муки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач, а именно:

1. Обосновать необходимость разработки безглютеновых продуктов с помощью социологического опроса;

2. Оптимизировать технологию хлеба из безглютеновых видов муки для людей, страдающих целиакией;

3. Определить органолептические показатели опытных образцов;

4. Определить физико–химические показатели опытных образцов;

5. Определить микробиологические показатели опытных образцов;

6. Рассчитать пищевую и энергетическую ценность исследуемых образцов безглютенового хлеба.

7. Рассчитать уровень глютена исследуемых образцов безглютенового хлеба.

#### **Методы исследования:**

Социологическое исследование проводили по общепринятой методике [5].

Органолептические исследования проводили по ГОСТ 5667–65.

Кислотность хлеба определяли по ГОСТ 5670–96.

Содержание влаги определяли по ГОСТ 21094–75.

Пористость определяли по ГОСТ 5669–96.

Микробиологические показатели определяли по ГОСТ 10444.15–94, ГОСТ 31747–2012, ГОСТ 31746–2012, ГОСТ 28560–90, ГОСТ 10444.12–2013, ГОСТ 31659–2012.

Пищевую и энергетическую ценности определяли с помощью данных химического состава российских пищевых продуктов [14].

**Результаты исследований.** Нами был проведен социологический опрос в городе Саратове совместно с фондом «Александра Невского» с участием 52 семей с особыми детьми, в ходе которого было установлено, что 1/3 детей страдают таким заболеванием, как целиакия. В результате анкетирования был выделен ряд вопросов, из которых наиболее актуальными являются следующие: «Знакомы ли Вы с продуктами под марки-

ровкой «Gluten free?»), «Употребляете ли Вы безглютеновые продукты питания?», «Заинтересованы ли Вы в расширении линейки безглютеновых продуктов питания?»

В ходе проведенного опроса выяснилось, что 67% опрошенных респондентов не знали о безглютеновых продуктах питания, 83% опрошенных семей не употребляют безглютеновые продукты питания, однако все опрошенные респонденты ответили, что заинтересованы в расширении линейки безглютеновых продуктов питания, а также имеют необходимость в потреблении безглютеновых изделий.

В процессе разработки безглютенового хлеба нами были использованы такие виды муки, как рисовая, льняная, кукурузная, тыквенная и из псиллиума. Используемые виды муки богаты различными витаминами (А, Е, В<sub>1</sub>), минеральными веществами (К, Са, Fe, Mg) и полиненасыщенными жирными кислотами (пальмитиновая, стеариновая, линолевая и линоленовая) [16].

Обоснованием использования льняной муки для диетического и специализированного питания являлась уникальность химического состава, а именно значительное содержание растительных белков, полиненасыщенных жирных кислот (пальмитиновая, стеариновая, линолевая и линоленовая), а также витаминов (А, Е, В<sub>1</sub>) [8].

В свою очередь, кукурузная мука способствует нормализации кровообращения, укреплению сердечно-сосудистой системы, а также выводит из организма жировые накопления.

Введённая в состав разработанного хлеба рисовая мука лучше других усваивается организмом человека, поэтому ее относят к диетическим продуктам. Мука из семян тыквы нормализует обмен веществ, стимулирует иммунитет, улучшает функционирование сердечно-сосудистой системы, повышает умственную и физическую работоспособность [3]. Кроме того, в рецептуре хлеба был использован псиллиум – пищевые волокна из наружной оболочки семян подорожника овального,

который является балластным веществом, нормализующим моторику кишечника [6].

При разработке образцов хлеба из композитных смесей муки за контроль была взята технология пшеничного хлеба, а за прототип – безглютеновый хлеб из рисовой муки с добавлением псиллиума ФГАНУ НИИХП [9].

В процессе эксперимента были приготовлены 8 опытных образцов безглютенового хлеба из рисовой муки с добавлением псиллиума ФГАНУ НИИХП со следующими изменениями: компонентный состав, продолжительность, температура и влажность при расстойке и выпекании изделий (табл. 1).

В ходе исследований опытных образцов хлеба на рисовой муке был отобран образец № 8, так как он обладал высокими органолептическими показателями. Для данного образца были подобраны следующие технологические параметры производства: продолжительность первой расстойки – 40 минут, затем второй – 60 минут, при температуре в камере 35°C и относительной влажности воздуха 40%. Выпечка хлеба производилась вначале в течение 9 минут при 200°C и далее 35 минут при 180°C с относительной влажностью в рабочей камере 40%.

После определения соотношения разведения полуфабриката рисовой закваски с водой и подбора технологических параметров для хлеба из рисовой муки нами была заменена рисовая мука на композитные смеси (ранее изученные на приборе Миксолаб): № 1 из смеси рисовой и льняной муки (70:30), № 2 из льняной и кукурузной муки (50:50) и № 3 из тыквенной и кукурузной муки (50:50) [4].

В процессе эксперимента было приготовлено 5 образцов из каждой композитной смеси с продолжительностью первой расстойки в диапазоне от 40 до 100 мин. и сокращением продолжительности второй расстойки от 60 мин. до ее исключения, так как было установлено, что во время второй расстойки тесто переброжало (табл. 1).





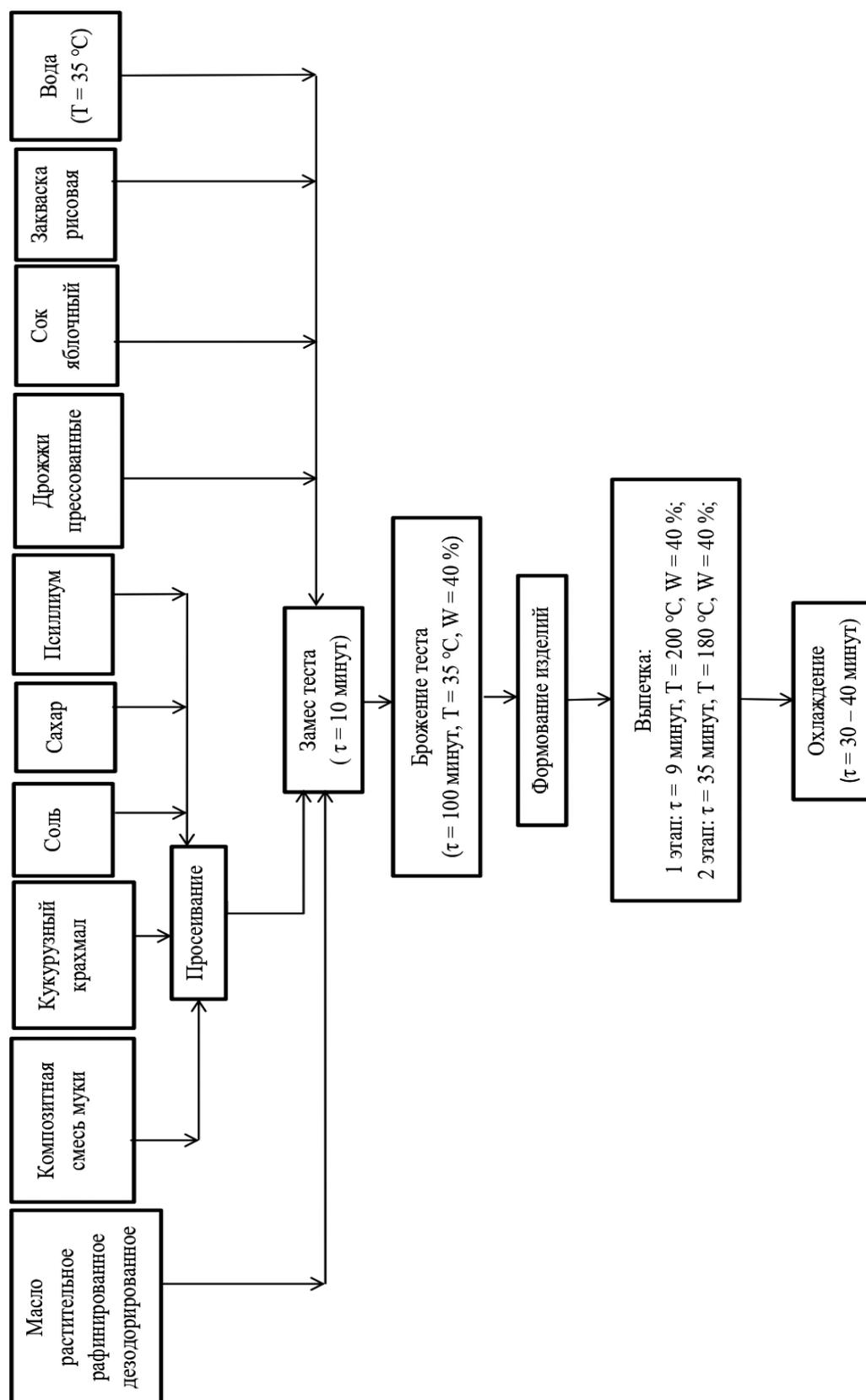


Рис. 1. Технологическая схема производства безглютенового хлеба из композитных смесей муки

Fig. 1. Technological scheme for the production of gluten-free bread from composite flour mixtures

В результате были подобраны следующие параметры производства (IV режим): продолжительность первой расстойки – 100 минут, при температуре в камере 35°C и относительной влажности воздуха 40%. Выпечка хлеба производилась вначале в течение 9 минут при 200°C и далее 35 минут при 180°C с относительной влажностью в рабочей камере 40%, отражена на рисунке 1. Далее для удобства образцы нумеровали по номеру композитной смеси.

В ходе проведения органолептических исследований было выявлено, что образец № 3 обладал характеристиками наиболее приближенными к пшеничному хлебу, а образцы № 1, 2 имели приятный привкус льняной муки.

В таблице 2 представлены физико-химические исследования опытных образцов хлеба. Проведенные исследования показали, что содержание влаги в трех образцах

безглютенового хлеба превышало в 1,17% норму (46,0) по сравнению с контролем. Это объясняется использованием в рецептуре композитных смесей безглютеновой муки и большого количества жидкости (воды и сока яблочного). Кислотность мякиша образцов составляла 5,8 град., 5,5 град., 7,2 град. соответственно, что превышало норму по ГОСТ Р 58233–2018 на 3 град. Это связано как с химическим составом сырья, так и консорциумом микроорганизмов рисовой закваски. Пористость мякиша у разработанных образцов составляла 65,22%, 65,33% и 68,03% соответственно, при этом менее 68% объясняется использованием безглютеновых смесей, которые неспособны образовывать упругий эластичный каркас у изделий. Исходя из данных таблицы видно, что содержание глиадина в разработанных образцах менее 20 мг/кг, что соответствует норме ТР ТС 027 / 2012 [13].

Таблица 2

Физико–химические показатели разработанных образцов безглютенового хлеба

Table 2

Physico-chemical parameters of the developed gluten-free bread samples

Наименование показателей	ГОСТ Р 58233–2018	Образец № 1 (рисовая : льняная мука)	Образец № 2 (льняная : кукурузная мука)	Образец № 3 (кукурузная : тыквенная мука)
Влажность мякиша, %, не более	46,00 ± 0,05	57,00 ± 0,05	56,5 ± 0,05	48,00 ± 0,05
Кислотность мякиша, град., не более	3,00 ± 0,05	5,8 ± 0,05	5,5 ± 0,05	7,2 ± 0,05
Пористость мякиша, %, не менее	68,00 ± 0,05	65,22 ± 0,05	65,33 ± 0,05	68,03 ± 0,05
ТР ТС 027 / 2012				
Содержание глютена, мг/кг	≤ 20	11,816	11,797	11,36

В ходе микробиологических исследований (табл. 3) было выявлено, что разрабатываемые образцы безглютенового хлеба соответствовали нормам ТР ТС 021/2011 [12]. В образцах № 1–3 обнаружено незначительное количество мезофильных анаэробных и факультативно-анаэробных

микроорганизмов  $0,55 \cdot 10^3$ ,  $0,55 \cdot 10^3$  и  $0,35 \cdot 10^3$ , что не превышает норму соответственно. Бактерии группы кишечных палочек, *Staphylococcus aureus*, бактерии рода *Proteus*, плесневые грибы и патогенные микроорганизмы, в том числе *Salmonella*, обнаружены не были.

Таблица 3

**Микробиологические показатели безглютенового хлеба**

Table 3

**Microbiological indicators of gluten-free bread**

Наименование показателя, ед. измерения	Нормы по ТР ТС 021/2011	Результат испытания (измерения)		
		Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
КМАФАнМ, КОЕ/г	Не более $1 \cdot 10^3$	$0,55 \cdot 10^3$	$0,55 \cdot 10^3$	$0,35 \cdot 10^3$
БГКП, колиформы	Не допускаются в 1,0 г	н.о.*	н.о.*	н.о.*
<i>Staphylococcus aureus</i>	Не допускаются в 1,0 г	н.о.*	н.о.*	н.о.*
<i>Proteus</i>	Не допускаются в 1,0 г	н.о.*	н.о.*	н.о.*
Плесневые грибы, КОЕ/г	Не более 50	н.о.*	н.о.*	н.о.*
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы ( <i>Salmonella</i> )	Не допускаются в 25 г	н.о.*	н.о.*	н.о.*

\* – не обнаружено

Как видно из данных таблицы 4, витаминно-минеральный комплекс обогащен, особенно по витаминам E, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> и B<sub>6</sub>, и такими минеральным веществам, как Ca, Mg и Fe.

Таблица 4

**Пищевая и энергетическая ценность безглютенового хлеба из композитных смесей муки**

Table 4

**Nutritional and energy value of gluten-free bread made from composite flour mixtures**

Наименование показателей	Контроль	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Белки, г	7,60	2,90	2,60	4,30
Жиры, г	0,80	4,00	3,80	3,40
Углеводы, г	49,20	22,90	23,70	23,60
Пищевые волокна, г	2,60	1,30	1,40	1,60
ЭЦ., ккал	235,00	149,40	149,60	151,20

Витамины:				
Е, мг	1,10	1,36	1,37	1,38
РР, мг	2,20	0,68	0,66	1,73
В <sub>1</sub> , мг	0,11	0,13	0,11	0,66
В <sub>2</sub> , мг	0,03	0,03	0,03	0,40
В <sub>6</sub> , мг	0,10	0,04	0,04	0,30
В <sub>9</sub> , мг	22,50	13,93	13,81	11,11
Минеральные в-ва:				
К, мг	93,00	72,20	65,00	42,20
Mg, мг	14,00	27,70	22,00	11,70
Ca, мг	20,00	24,20	20,60	10,40
P, мг	65,00	54,30	46,60	28,40
Na, мг	499,00	288,00	287,40	286,20
Fe, мг	1,10	0,70	0,70	2,40

#### Выводы:

1. Обоснована необходимость разработки безглютенового хлеба на основании маркетингового исследования;

2. Разработана рецептура и технология хлеба из безглютеновых видов муки для людей, страдающих целиакией;

3. Установлено, что разработанный хлеб из безглютеновых видов муки соответствует требованиям, предъявляемым к пищевым продуктам, по органолептиче-

ским, физико-химическим, микробиологическим свойствам и пищевой ценности;

4. Уровень глютена соответствует ТР ТС 027 / 2012 не более 20 мг/кг;

Таким образом, данная разработка является актуальной в связи с высоким ростом заболеваемости целиакией. Разработанный безглютеновый хлеб соответствует органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Bourekoua H., Różyło R., Benatallah L. et al. Characteristics of gluten-free bread: quality improvement by the addition of starches/hydrocolloids and their combinations using a definitive screening design. *Eur Food Res Technol.* 2018; 244: 345-35.

2. Krupa-Kozak U., Troszyńska A., Bączek N. et al. Effect of organic calcium supplements on the technological characteristic and sensory properties of gluten-free bread. *Eur Food Res Technol.* 2011; 232: 497-508.

3. Poliszko N., Kowalczewski P.Ł., Rybicka I. et al. The effect of pumpkin flour on quality and acoustic properties of extruded corn snacks. *J Consum Prot Food Saf.* 2019; 14: 121-129.

4. Ушакова Ю.В., Паськова Е.М., Рысмухамбетова Г.Е. и др. Влияние состава композитных смесей с пониженным содержанием глютена на реологические свойства теста на их основе. *Новые технологии.* 2020; 15(4): 74-83.

5. Киселева Т. SPSS: Основы анализа социологических данных: учебное пособие. Иваново: ИГЭУ; 2008.

6. Кувандыкова Г.И., Вайскрובה Е.С. Пищевая ценность различных видов муки. Качество продукции, технологий и образования: материалы XII Международной научно-практической конференции. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова. 2017: 115-121.

7. Кунашева Ж.М., Кодзокова М.Х. Зерновой хлеб. Новые технологии. 2019; 1: 108-116.
8. Марчевская А.А. Использование льняной муки в хлебопечении. Наука и образование: проблемы, идеи, инновации. 2020; 5(29): 20-21.
9. Парахина О.И., Кузнецова Л.И., Савкина О.А. и др. Разработка безглютеновой смеси для хлебобулочных изделий. Инновационные технологии обработки и хранения сельскохозяйственного сырья и пищевых продуктов. 2020: 302-308.
10. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 19.04.2017 № 738-р об утверждении плана мероприятий по реализации Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года.
11. Смирнова М.А. Новый алгоритм диагностики целиакии. Лабораторная медицина. 2002; 5: 31-38.
12. ТР ТС 021/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» от 09.12.2011 № 21/2011.
13. ТР ТС 027 / 2012 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания» от 15 июня 2012 года № 34.
14. Тутельян, В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник. М.: ДеЛи плюс; 2012.
15. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20.
16. Бисчокова Ф.А. Учебное пособие по дисциплине «Технология хлебопекарного производства» для студентов направления подготовки 19.03.02 «Продукты питания из растительного сырья» всех форм обучения: учебное пособие. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ; 2018.

## REFERENCES:

1. Bourekoua H., Różyło R., Benatallah L. et al. Characteristics of gluten-free bread: quality improvement by the addition of stars/hydrocolloids and their combinations using a definitive screening design. *Eur Food Res Technol.* 2018; 244: 345-35.
2. Krupa-Kozak U., Troszyńska A., Bączek N. et al. Effect of organic calcium supplements on the technological characteristic and sensory properties of gluten-free bread. *Eur Food Res Technol.* 2011; 232:497-508.
3. Poliszko, N., Kowalczewski, P.Ł., Rybicka, I. et al. The effect of pumpkin flour on quality and acoustic properties of extruded corn snacks. *J Consum Prot Food Saf.* 2019; 14: 121-129.
4. Ushakova Yu.V., Paskova E.M., Rysmukhambetova G.E. et al. The influence of the composition of composite mixtures with reduced gluten content on the rheological properties of dough based on them. *New technologies.* 2020; 15(4): 74-83. (In Russ).
5. Kiseleva T. SPSS: Fundamentals of sociological data analysis: textbook. Ivanovo: ISUE; 2008. (In Russ).
6. Kuvandykova G.I., Vaiskrobova E.S. Nutritional value of different types of flour. Quality of products, technologies and education: materials of the XII International Scientific and Practical Conference. Magnitogorsk: MSTU named after G.I. Nosov. 2017: 115-121. (In Russ).
7. Kunasheva Zh.M., Kodzokova M.Kh. Grain bread. *New technologies.* 2019; 1: 108-116. (In Russ).
8. Marchevskaya A.A. Use of flaxseed flour in baking. *Science and education: problems, ideas, innovations.* 2020; 5(29): 20-21. (In Russ).

9. Parakhina O.I., Kuznetsova L.I., Savkina O.A. etc. Development of a gluten-free mixture for bakery products. Innovative technologies for processing and storing agricultural raw materials and food products. 2020: 302-308. (In Russ).

10. Order of the Government of the Russian Federation dated April 19, 2017 No. 738-r on approval of the action plan for the implementation of the Strategy for Improving the Quality of Food Products in the Russian Federation until 2030.

11. Smirnova M.A. New algorithm for diagnosing celiac disease. Laboratory medicine. 2002; 5:31-38. (In Russ).

12. TR CU 021/2011 Technical Regulations of the Customs Union «On the safety of food products» dated December 9, 2011 No. 21/2011. (In Russ).

13. TR CU 027 / 2012 Technical Regulations of the Customs Union «On the safety of certain types of specialized food products, including dietary therapeutic and dietary preventive nutrition» dated June 15, 2012 No. 34. (In Russ).

14. Tutelyan V.A. Chemical composition and calorie content of Russian food products: a reference book. M.: DeLi plus; 2012. 19.03.02

15. Doctrine of food security of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation dated January 21, 2020 No. 20.

16. Bischokova F.A. A textbook on the discipline «Baking Production Technology» for students of the training direction 19.03.02 «Food products from plant raw materials» of all forms of education: a textbook. Nalchik: Kabardino-Balkarian State Agrarian University; 2018. (In Russ).

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Александра Ивановна Соловьева**, студент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

aleksandra1351@gmail.com

тел. +7 (919) 832 89 04

**Aleksandra I. Soloveva**, Student, FSBEI HE «Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov»

aleksandra1351@gmail.com

tel. +7 (919) 832 89 04

**Брагина Дарья Андреевна**, студент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

braginadara19@gmail.com

**Daria A. Bragina**, Student, FSBEI HE «Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov»

braginadara19@gmail.com

**Ушакова Юлия Валерьевна**, старший преподаватель кафедры технологии продуктов питания ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»

ushakovaj1990@gmail.com

**Yulia V. Ushakova**, Senior lecturer, the Department of Food Technology, FSBEI HE «Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov»

ushakovaj1990@gmail.com

**Гульсара Есенгильдиевна Рысмухамбетова**, кандидат биологических наук,

**Gulsara Y. Rysmukhambetova**, PhD (Biology), Associate Professor, the Depart-

доцент кафедры технологии продуктов питания ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»  
gerismuh@yandex.ru

ment of Food Technologies, FSBEI HE «Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov»  
gerismuh@yandex.ru

#### **Заявленный вклад соавторов**

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

#### **Claimed contribution of co-authors**

All authors of the research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of the article have read and approved the final version submitted.

---

Поступила в редакцию 20.03.2024; поступила после рецензирования 02.05.2024; принята к публикации 03.05.2024

Received 20.03.2024; Revised 02.05.2024; Accepted 03.05.2024

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-143-156>

УДК 665.336.92:66.045.5

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Моделирование процесса криогенного замораживания семян кориандра

Надежда В. Стерехова, Заур А. Меретуков\*, Сусана Ю. Гонежук,  
Рита Г. Шишова

**Аннотация.** В эффективной технологии извлечения требуемых компонентов из растительного сырья чаще всего применяется процесс измельчение в качестве подготовительной операции перед основным процессом, с последующим разделением извлеченного материала на целевые компоненты.

В большинстве случаев в результате такого проведения процесса можно говорить об эффективном извлечении лишь единственного целевого компонента, в то время как другие неизбежно теряют свои качественные и количественные показатели, что обусловлено морфологией растительного сырья.

Одним из перспективных направлений в процессах разрушения растительного материала для дальнейших операций является селективная дезинтеграция, для которой подбираются оптимальные кондиции проведения процесса, такие как нагревание, замораживание и другие. Сырье, полученное в результате селективного разрушения, может эффективно фракционироваться по морфологическим и физико-химическим признакам, а уже после этого направляться на последующие операции с наибольшей эффективностью их проведения.

В современных условиях потери эфирного масла в кориандре, связанные с раскалыванием плодов, достигают 23,4 % к массе масла в целых плодах. При этом эфирное масло из расколотых плодов обогащено ценными компонентами – линалоолом, гераниолом, геранилацетатом и, кроме того, содержит меньше углеводов и камфоры. Как показано в работе [1], масло из расколотых плодов может использоваться для корректировки состава партий кориандрового эфирного масла в целях повышения содержания линалоола с одновременным снижением содержания нежелательных компонентов – углеводов и камфоры, а также преимущественно использоваться для выделения ценных компонентов – линалоола, гераниола. Для снижения потерь, связанных с раскалыванием плодов кориандра, предлагается провести математическое моделирование процесса криогенного замораживания с последующим измельчением замороженной массы, что позволит значительно снизить потери эфирного масла. Учитывая, что эфирные масла, извлеченные из кориандра, показывают высокую антибактериальную, антиоксидантную и противогрибковую активность [2], повышение выхода высококачественного эфирного масла кориандра позволит более широко использовать его в ароматизации и консервировании пищевых продуктов, а также в медицинских целях, что является важной и актуальной задачей.

**Ключевые слова:** растительное сырье, семена, кориандр, криогенные методы, эфирные масла, линалоол, агрегатное состояние, высокоценные компоненты, температура, математические методы, преобразование Лапласа, моделирование процесса

*Для цитирования:* Sterekhova H.V., Meretukov Z.A., Gonezhuk S.Yu. Моделирование процесса криогенного замораживания семян кориандра. Новые технологии / New technologies. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-143-156>

## Simulation of the process of cryogenic freezing of coriander seeds

Nadezhda V. Sterekhova, Zaur A. Meretukov\*, Susana Y. Gonezhuk, Rita G. Shishova

**Abstract.** In the technology for extracting the required components from plant raw materials, in most cases, the grinding process is used as a preparatory operation before the main process, followed by the separation of the extracted material into target components.

In most cases, as a result of such a process, we can talk about the effective extraction of only a single target component, while others inevitably lose their qualitative and quantitative indicators, which is due to the morphology of the plant raw material.

One of the promising directions in the processes of destruction of plant material for further operations is selective disintegration. For this purpose optimal process conditions have been selected, such as heating, freezing and others. Raw materials obtained as a result of selective destruction can be effectively fractionated according to morphological and physicochemical characteristics, and only after that can be sent to subsequent operations with the greatest efficiency.

Under modern conditions, the loss of essential oil in coriander associated with splitting the fruit reaches 23.4% of the oil weight in whole fruits. At the same time, the essential oil from split fruits is enriched with valuable components – linalool, geraniol, geranyl acetate and, in addition, contains less hydrocarbons and camphor. As shown in [1], oil from split fruits can be used to adjust the composition of batches of coriander essential oil in order to increase the content of linalool while simultaneously reducing the content of undesirable components – hydrocarbons and camphor, and can also be used primarily to isolate valuable components – linalool, geraniol. To reduce losses associated with splitting coriander fruits, it has been proposed to carry out mathematical modeling of the process of cryogenic freezing with subsequent grinding of the frozen mass, which will significantly reduce losses of essential oil. Considering that essential oils extracted from coriander show high antibacterial, antioxidant and antifungal activity [2], increasing the yield of high-quality coriander essential oil will allow its wider use in flavoring and food preservation, as well as for medicinal purposes, which is important and actual task.

**Keywords:** plant raw materials, seeds, coriander, cryogenic methods, essential oils, linalool, state of aggregation, high-value components, temperature, mathematical methods, Laplace transform, process modeling

*For citation:* Sterekhova N.V., Meretukov Z.A., Gonezhuk S.Yu. Simulation of the process of cryogenic freezing of coriander seeds. Novye tehnologii / New technologies. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-143-156>

**Введение.** Процесс замораживания связан с изменением агрегатного состояния и физико-химическими изменениями материала. При этом теплофизические коэффициенты меняются скачкообразно, и для переходов требуется теплота плавления. Решение подобной задачи позволяет определить как пространственные, так и временные рамки процесса, что в значительной мере формирует как геометрию рабочей зоны, в которой реализуется данный процесс, так и определяет время криогенного замораживания семян кориандра.

**Объект и методы исследования.** В работе рассмотрен процесс интенсивного криогенного замораживания поверхностного слоя семени кориандра, когда в начальный момент времени на поверхности семян кориандра устанавливается температура ( $T_c$ ) значительно ниже температуры замерзания ( $T_3$ ) жидкой фазы капиллярно-пористой структуры семян кориандра. В этом случае в семени кориандра образуется промерзший слой переменной толщины ( $\xi = f(\tau)$ ). На этой границе происходит переход из одного агрегатного состояния в другое, на что требуется теплота перехода ( $\rho$ ), Дж/кг. Таким образом, граница ( $x = \xi$ ) имеет постоянную температуру замерзания, а в глубине ( $x \gg \xi$ ) – начальную температуру замораживаемого материала ( $T_0$ ). Следовательно, задачу математически можно сформулировать так:

$$\frac{\partial}{\partial \tau} T_1(x, \tau) = a_1 \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} T_1(x, \tau) \quad (\tau > 0; 0 < x < \xi); \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial \tau} T_2(x, \tau) = a_2 \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} T_2(x, \tau) \quad (\tau > 0; \xi < x < R); \quad (2)$$

$$T_2(x, 0) = T_0 \quad (0 < x < R), \quad (3)$$

$$T_1(0, \tau) = T_c; \quad (4)$$

$$T_1(\xi, \tau) = T_2(\xi, \tau) = T_3; \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} T_2(R, \tau) = 0; \quad (6)$$

На границе разделафазового перехода (замерзания):

$$\lambda_1 \cdot \frac{\partial}{\partial x} T_1(\xi, \tau) - \lambda_2 \cdot \frac{\partial}{\partial x} T_2(\xi, \tau) = \rho \cdot W \cdot \gamma_2 \cdot \frac{d\xi}{d\tau}; \quad (7)$$

где  $T_{1,2}$  – температура материала в процессе криогенной заморозки, °К, индекс «1» относится к промерзшей зоне, индекс «2» – к теплой;  $W$  – масса влаги к массе абсолютно сухого материала семени, кг/кг;  $\gamma_2$  – плотность замораживаемого слоя материала семени кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_{1,2}$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°К);  $a_{1,2}$  – коэффициенты температуропроводности, м<sup>2</sup>/сек;  $R$  – обобщенный размер семени кориандра, м:

$$\frac{1}{R^2} = \frac{1}{X^2} + \frac{1}{Y^2} + \frac{1}{Z^2}; \quad (8)$$

где  $X, Y, Z$  – полу-габариты семени кориандра, м. В капиллярно-пористом материале семени имеются две зоны (промерзшего и теплого материала), изменение температуры в которых описывается уравнениями теплопроводности (1) и (2), начальными условиями (3), (4) и граничными условиями (5), (6). Таким образом, задача о высушивании капиллярно-пористого материала может быть сформулирована как задача о сопряжении двух температурных полей ( $T_1$ ) и ( $T_2$ ) при наличии особого граничного условия на движущейся границе раздела  $\xi(\tau)$ . Основная трудность решения задачи состоит в том, что условие (7) относит ее к классу нелинейных задач, т. е. к задаче с нелинейными граничными условиями.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Рассмотрим температурное поле, формируемое уравнениями теплопроводности (1) и (2), и для упрощения расчета положим ( $T_c = 0$ ). Применим преобразование Лапласа к дифференциальному уравнению (1):

$$L\left[\frac{\partial}{\partial \tau} T_1(x, \tau)\right] = L\left[a_1 \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} T_1(x, \tau)\right]; \quad (9)$$

где

$$L[T_1(x, \tau)] = \int_0^{\infty} [T_1(x, \tau) \cdot e^{-s\tau}] d\tau = T_L(x, s); \quad (10)$$

Согласно основной теореме операционного метода, первая производная равна произведению изображения  $T_L(x, s)$  оператора  $(s)$  минус значение функции в начальный момент времени:

$$s \cdot T_L(x, s) - T_c = a_1 \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} \{L[T_1(x, \tau)]\} = a_1 \cdot \frac{\partial^2}{\partial x^2} T_L(x, s); \quad (11)$$

Таким образом, дифференциальное уравнение (1) в частных производных для оригинала функции  $T_1(x, \tau)$  превращается в обыкновенное дифференциальное уравнение для изображения  $T_L(x, s)$ , так как  $T_L(x, s)$  не зависит от времени  $(\tau)$ . Перепишем уравнение (11) в виде:

$$s \cdot T_L'(x, s) - \frac{s}{a_1} \left[ T_L(x, s) - \frac{T_c}{s} \right] = 0; \quad (12)$$

Общее решение данного дифференциального уравнения для изображения имеет вид:

$$T_L(x, s) - \frac{T_c}{s} = A_1 \cdot e^{\sqrt{\frac{s}{a_1}} \cdot x} + B_1 \cdot e^{-\sqrt{\frac{s}{a_1}} \cdot x}; \quad (13)$$

где  $A_1$  и  $B_1$  – постоянные, определяемые из граничных условий. Применим преобразование Лапласа к граничным условиям:

$$L[T_1(0, \tau)] = 0, T_L(0, s) = 0; \quad (14)$$

$$L\left[\frac{\partial}{\partial \tau} T_1(R \gg \xi, \tau)\right] = 0, T_L'(R \gg \xi, s) = 0; \quad (15)$$

Из условия (15) следует, что  $A_1 \rightarrow 0$ , так как в противном случае первое слагаемое в правой части неограниченно возрастает с ростом  $(x)$ . Для определения  $(B_1)$  воспользуемся условием (14), из которого следует:

$$B_1 = -\frac{T_c}{s}; \quad (16)$$

тогда решение для изображения будет иметь вид:

$$\frac{T_c}{s} - T_L(x, s) = \frac{T_c}{s} \cdot e^{-\sqrt{\frac{s}{a_1}} \cdot x} \quad (17)$$

Для нахождения оригинала воспользуемся таблицей изображений функций [3], из которой известно, что:

$$L^{-1}\left[\frac{1}{s} \cdot e^{-k\sqrt{s}}\right] = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{k}{2 \cdot \sqrt{\tau}}\right); \quad (18)$$

где

$$k = \frac{x}{\sqrt{a_1}}; \quad (19)$$

Следовательно, решение упрощенной задачи будет иметь вид:

$$\frac{T_1(x, \tau)}{T_c} = \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_1 \cdot \tau}}\right); \quad (20)$$

Аналогичное решение упрощенной задачи будет и для второго компонента температурного поля:

$$\frac{T_2(x, \tau)}{T_o} = \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_2 \cdot \tau}}\right); \quad (21)$$

При переходе к исходной задаче приближенное решение может быть представлено в виде системы решений упрощенных задач, рассмотренных выше:

$$T_1(x, \tau) = A_1 + B_1 \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_1 \cdot \tau}}\right); \quad (22)$$

$$T_2(x, \tau) = A_2 + B_2 \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_2 \cdot \tau}}\right); \quad (23)$$

где  $A_1$  и  $A_2$  – постоянные, определяемые из граничных условий (3):

$$A_2 = T_o - B_2, \lim_{\tau \rightarrow 0} \left[ \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_2 \cdot \tau}}\right) \right] = 1; \quad (24)$$

и (4):

$$A_1 = T_c, \lim_{x \rightarrow 0} \left[ \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_1 \cdot \tau}}\right) \right] = 0; \quad (25)$$

Таким образом, значения  $A_1$  и  $A_2$  определяются следующими соотношениями:

$$A_1 = T_c, A_2 = T_o - B_2; \quad (26)$$

следовательно, имеем:

$$T_1(x, \tau) = T_c + B_1 \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_1 \cdot \tau}}\right); \quad (27)$$

$$T_2(x, \tau) = T_o - B_2 \cdot \left[ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_2 \cdot \tau}}\right) \right]; \quad (28)$$

Из условия (5), с учетом соотношения ( $\text{erfc } x = 1 - \text{erf } x$ ), следует:

$$T_c + B_1 \cdot \text{erf}\left(\frac{\xi}{2 \cdot \sqrt{a_1} \cdot \tau}\right) = T_o - B_2 \cdot \left[\text{erfc}\left(\frac{\xi}{2 \cdot \sqrt{a_2} \cdot \tau}\right)\right] = T_3 = \text{const}; \quad (29)$$

Аргументы функций ошибок Гаусса в (27) и (28) содержат общее соотношение ( $\xi/\tau^{1/2}$ ), тогда с учетом (29) получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \text{erf}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_1}}\right) = \frac{T_3 - T_c}{B_1} \\ \text{erfc}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_2}}\right) = 1 - \frac{T_3 - T_o}{B_2} \end{cases}, \text{ где } \beta = \frac{\xi}{\sqrt{\tau}}; \quad (30)$$

Разрешая систему уравнений относительно постоянных  $B_1$  и  $B_2$  – постоянные, получаем соотношения для этих коэффициентов:

$$B_1 = \frac{T_3 - T_c}{\text{erf}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_1}}\right)}, B_2 = \frac{T_o - T_3}{\text{erfc}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_2}}\right)}, \beta = \frac{\xi}{\sqrt{\tau}}; \quad (31)$$

Так как  $B_1$  и  $B_2$  – постоянные при любом значении ( $\tau$ ), то введенный коэффициент пропорциональности ( $\beta$ ) также является константой. Тогда общее решение для температурных полей  $T_1$  и  $T_2$  примет вид:

$$T_1(x, \tau) = T_c + \frac{T_3 - T_c}{\text{erf}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_1}}\right)} \cdot \text{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_1} \cdot \tau}\right); \quad (32)$$

$$T_2(x, \tau) = T_o - \frac{T_o - T_3}{\text{erfc}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_2}}\right)} \cdot \left[\text{erfc}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_2} \cdot \tau}\right)\right]; \quad (33)$$

Для определения значения коэффициента пропорциональности ( $\beta$ ) используем граничное условие (7):

$$\begin{aligned} \lambda_1 \cdot \frac{T_3 - T_c}{\text{erf}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_1}}\right)} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \text{erf}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_1} \cdot \tau}\right) - \lambda_2 \cdot \frac{T_o - T_3}{\text{erfc}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_2}}\right)} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \text{erfc}\left(\frac{x}{2 \cdot \sqrt{a_2} \cdot \tau}\right) = \\ = \rho \cdot W \cdot \gamma_2 \cdot \frac{d}{dt} [\xi(\tau)], \text{ где } \xi(\tau) = \beta \cdot \end{aligned} \quad (34)$$

После дифференцирования уравнения (34):

$$\begin{aligned} \lambda_1 \cdot \frac{T_3 - T_c}{\text{erf}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_1}}\right)} \cdot \frac{e^{-\frac{x^2}{4a_1\tau}}}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{a_1} \cdot \sqrt{\tau}} - \lambda_2 \cdot \frac{T_o - T_3}{\text{erfc}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_2}}\right)} \cdot \frac{e^{-\frac{x^2}{4a_2\tau}}}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{a_2} \cdot \sqrt{\tau}} = \\ = \rho \cdot W \cdot \gamma_2 \cdot \frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{\tau}}; \end{aligned} \quad (35)$$

подстановки  $\equiv \xi(\tau)$  и соотношения  $\xi(\tau) = \beta \cdot \sqrt{\tau}$  с учетом граничного условия (7) получаем следующее характеристическое уравнение для определения коэффициента пропорциональности ( $\beta$ ):

$$\begin{aligned} \lambda_1 \cdot \frac{T_3 - T_c}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{a_1}} \cdot \frac{e^{-\frac{\beta^2}{4a_1}}}{\text{erf}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_1}}\right)} - \lambda_2 \cdot \frac{T_o - T_3}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{a_2}} \cdot \frac{e^{-\frac{\beta^2}{4a_2}}}{\text{erfc}\left(\frac{\beta}{2 \cdot \sqrt{a_2}}\right)} = \\ = \frac{\rho \cdot W \cdot \gamma_2}{2} \cdot \beta; \end{aligned} \quad (36)$$

Корни характеристического уравнения (36) относительно коэффициента пропорциональности ( $\beta$ ) представляют собой функциональную зависимость от теплофизических характеристик капиллярно-пористых слоев (промерзшего и теплого) влажного материала семени, его плотности и температурных режимов криогенного замораживания. Таким образом, коэффициент пропорциональности, характеризующий скорость углубления зоны промерзания, представляет собой функциональную зависимость –  $\beta(T_c, T_3, T_o, \rho, W, \gamma_2, \lambda_1, a_1, \lambda_2, a_2)$ . Учитывая, что  $\lambda$  – коэффициент пропорциональности между плотностью теплового потока и градиентом температуры (коэффициент теплопроводности,  $Вт/(м \cdot ^\circ К)$ ). Диапазон варьирования меняется в широких пределах:  $0,0086 \leq \lambda \leq 416$ . Для жидкостей диапазон варьирования:  $0,093 \leq \lambda \leq 0,7$ . Для строительных материалов диапазон варьирования:  $0,0233 \leq \lambda \leq 2,8$ . Для теплоизоляционных материалов диапазон варьирования:  $0,0086 \leq \lambda \leq 0,23$ . В то же время  $a$  – коэффициент температуропроводности равен количеству тепла, протекающего в единицу времени через единицу поверхности, при перепаде объемной концентрации внутренней энергии в  $1 \text{ Дж}/\text{м}^3$  на единицу длины нормали,  $м^2/\text{сек}$ .

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}; \quad (37)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость материала,  $Дж/(кг \cdot ^\circ К)$ . Возможно с учетом особенностей формирования этих пока-

зателей в капиллярно-пористых телах уменьшить размерность функциональной зависимости –  $\beta$  ( $T_c, T_3, T_0, \rho, W, \gamma_2, \lambda_1, a_1, \lambda_2, a_2$ ) путем ввода интерполяционных формул, формирующих параметры ( $\gamma_2, \lambda_1, a_1, \lambda_2, a_2$ ) от возможного изменения влажности семян кориандра ( $W$ ). Рассмотрим вариабельность коэффициента пропорциональности ( $\beta$ ) относительно параметров функциональной зависимости характеристического уравнения (36) для случая криогенного замораживания семян кориандра в среде жидкого азота. Принимаем (для реализации численных расчетов), что в начальный момент времени на поверхности семян кориандра устанавливается температура ( $T_c = 77.4^{\circ}\text{K}$ ) значительно ниже температуры замерзания ( $T_3 = 273.15^{\circ}\text{K}$ ) жидкой фазы (воды) капиллярно-пористой структуры семян кориандра. В глубине семени ( $x \gg \xi$ ) начальная температура замораживаемого

материала ( $T_0 = 293,15^{\circ}\text{K}$ ). Таким образом, определяем начальные и граничные условия проведения процесса криогенного замораживания семян кориандра. Как видно из представленных данных (рис. 1), диаметр семени кориандра ориентировочно может быть принят ( $d_k = 3$  мм). С учетом того, что масса 1000 штук семени кориандра составляет 7.5 грамм, масса сухого семени кориандра ( $m_k = 7.5$  мг). В этом случае плотность сухого семени кориандра ( $\gamma_k = 531$  кг/м<sup>3</sup>). Теплоемкость сухого семени кориандра ( $c_k = 1621$  Дж/(кг·°K)). Теплопроводность сухого семени кориандра ( $\lambda_k = 0.1$  Вт/(м·°K)) [4]. Температуропроводность влажного семени кориандра будет зависеть от плотности и теплоемкости влажного кориандра, определяемых по аддитивным основным компонентам (сухого материала и содержащейся в нем влаги), а также теплопроводности влажного кориандра.

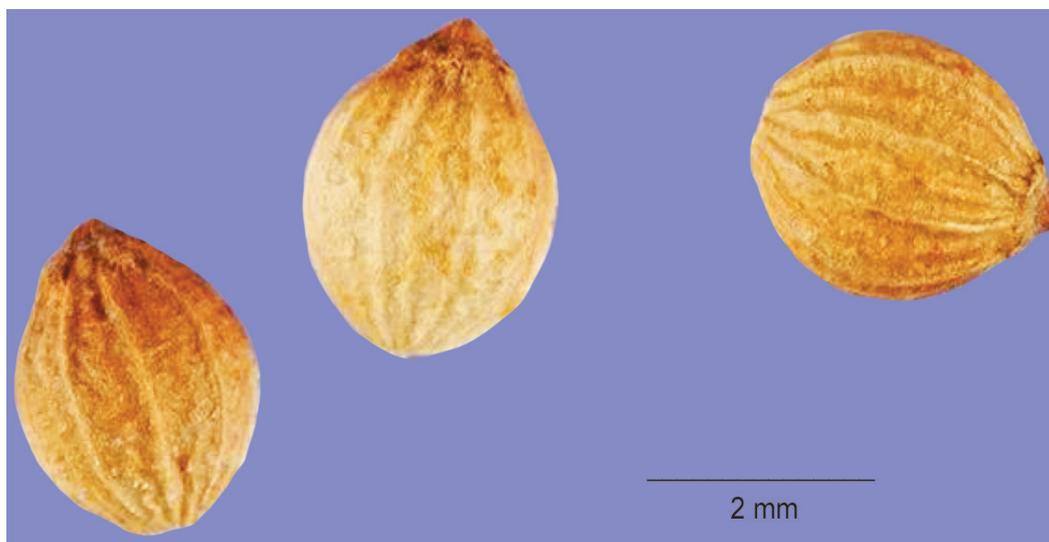


Рис. 1. Геометрия семян кориандра

Fig. 1. Geometry of coriander seeds

Исходя из этих параметров, температуропроводность сухого семени кориандра ( $a_k$ ) определяется по формуле:

$$a_k = \frac{\lambda_k}{c_k \cdot \gamma_k} = 1,157 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{сек}} \quad (38)$$

Учитывая необходимость численной аппроксимации решения характеристического уравнения (36), рассмотрим возможные границы изменения параметров, входящих (38) в зависимости от возможных изменений влажности семенной массы

кориандра в процессе послеуборочного дозревания (от 12% до 14%) и хранения перед переработкой (от 6% до 8%). В этом случае вариabельность плотности влажного семени будет лежать в пределах (565 кг/м<sup>3</sup> ... 549 кг/м<sup>3</sup>) соответственно. Учитывая, что плотность льда ниже плотности воды, вариabельность плотности промерзшего семени будет лежать в пределах (562 кг/м<sup>3</sup> ... 547 кг/м<sup>3</sup>) соответственно, представленным выше интервалам изменения влажности. Изменение теплоемкости также определяется по аддитивной теплоемкости основных компонентов и, следовательно, лежит в пределах (1956 Дж/(кг·°K) ... 1802 Дж/(кг·°K)) для теплого и (1683 Дж/(кг·°K) ... 1655 Дж/(кг·°K)) для промерзшего семени. Коэффициент теплопроводности влажного пористого пищевого материала также может быть определен аддитивной функцией основных компонентов [5–10] (сухого материала и содержащейся в нем влаги), что с достаточной степенью точности определяет вариabельность этого показателя влажного семени в пределах (0.161 Вт/(м·°K) ... 0.132 Вт/(м·°K)) соответственно. Учитывая, что теплопроводность льда

выше теплопроводности воды, вариabельность теплопроводности промерзшего семени будет лежать в пределах (0.375 Вт/(м·°K) ... 0.248 Вт/(м·°K)) соответственно, представленным выше интервалам изменения влажности. С учетом (38), температуропроводность влажного семени кориандра при положительной температуре (1.45210<sup>-7</sup> м<sup>2</sup>/сек ... 1.33910<sup>-7</sup> м<sup>2</sup>/сек), а при отрицательной температуре (3.96810<sup>-7</sup> м<sup>2</sup>/сек ... 2.73910<sup>-7</sup> м<sup>2</sup>/сек). С учетом (36), вариabельность коэффициента пропорциональности, характеризующего скорость углубления зоны промерзания будет зависеть от следующих параметров:

$$\lambda_1(W) \cdot \frac{T_2 - T_c}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{a_1(W)}} \cdot \frac{e^{-\frac{\beta^2}{4a_1(W)}}}{\operatorname{erf}\left(\frac{\beta}{2\sqrt{a_1(W)}}\right)} - \lambda_2(W) \cdot \frac{T_0 - T_2}{\sqrt{\pi} \cdot \sqrt{a_2(W)}} \cdot \frac{e^{-\frac{\beta^2}{4a_2(W)}}}{\operatorname{erfc}\left(\frac{\beta}{2\sqrt{a_2(W)}}\right)} \quad (39)$$

$$= \frac{\rho \cdot W \cdot \gamma_2(W)}{2} \cdot \beta;$$

Учитывая незначительные изменения функциональных зависимостей параметров характеристического уравнения (39) от вариabельности влагосодержания ( $W = 0.149 \dots 0.075$  кг/кг), можно ограничиться их линейным приближением в указанном интервале.

Таблица 1

**Теплофизические параметры семян кориандра**  
 (индекс «1» относится к промерзшей зоне, индекс «2» к теплой)

Table 1

**Thermophysical parameters of coriander seeds**  
 (index «1» refers to the frozen zone, index «2» to the warm one)

Влагосодержание (W)	Плотность при t < 0 °C (γ <sub>2</sub> )	Теплопроводность (λ)		Температуропроводность (a)	
		Вт/(м·°K)		м <sup>2</sup> /сек	
		t ≥ 0 °C; (λ <sub>2</sub> )	t < 0 °C; (λ <sub>1</sub> )	t ≥ 0 °C; (a <sub>2</sub> )	t < 0 °C; (a <sub>1</sub> )
0.075	547	0.132	0.248	1.33910 <sup>-7</sup>	2.73910 <sup>-7</sup>
0.149	562	0.161	0.375	1.45210 <sup>-7</sup>	3.96810 <sup>-7</sup>

Изменения влагосодержания семян кориандра (табл. 1) показывают вариabельность теплофизических параметров.

Обобщая данные (табл. 1) и связывая их линейными интерполяционными фор-

мулами (табл. 2), получаем возможность рассматривать процесс криогенного замораживания семян кориандра в зависимости от их влагосодержания.

Таблица 2

Функциональные зависимости теплофизических параметров

Table 2

Functional dependencies of thermophysical parameters

Параметр	Уравнение
Плотность при $t < 0$ °C ( $\gamma_2$ )	$\gamma_2(w) = (532 + 203 \cdot w) \cdot \text{кг/м}^3$
Теплопроводность при $t \geq 0$ °C; ( $\lambda_2$ )	$\lambda_2(w) = (0.103 + 0.392 \cdot w) \cdot \text{Вт/(м} \cdot \text{°K)}$
Теплопроводность при $t < 0$ °C; ( $\lambda_1$ )	$\lambda_1(w) = (0.119 + 1.716 \cdot w) \cdot \text{Вт/(м} \cdot \text{°K)}$
Температуропроводность при $t \geq 0$ °C; ( $a_2$ )	$a_2(w) = (1.224 + 1.527 \cdot w) \cdot 10^{-7} \text{м}^2/\text{сек}$
Температуропроводность при $t < 0$ °C; ( $a_1$ )	$a_1(w) = (1.493 + 16.608 \cdot w) \cdot 10^{-7} \text{м}^2/\text{сек}$

Используя зависимости теплофизических параметров (табл. 2), провели математическое моделирование процесса путем численного решения (39).

Таблица 3

Математическое моделирование процесса численного решения характеристического уравнения (39)

Table 3

Mathematical modeling of the process of numerical solution of the characteristic equation (39)

$w_k$	$\beta(w_k)$	$\beta_{\text{расч}}$	$\sigma_\beta \cdot 10^5$	$\Delta \cdot 10^4$	$\beta_{\text{мин}}$	$\beta_{\text{макс}}$
0,08	1,098	1,097	8,285	7,443	1,097	1,098
0,08	1,110	1,110	3,667	3,294	1,110	1,111
0,09	1,122	1,122	7,139	6,414	1,122	1,123
0,10	1,134	1,134	5,732	5,150	1,133	1,134
0,10	1,145	1,145	2,036	1,829	1,145	1,145
0,11	1,155	1,155	2,068	1,858	1,155	1,155
0,12	1,165	1,165	5,206	4,678	1,165	1,166
0,13	1,175	1,175	6,375	5,728	1,174	1,175
0,13	1,184	1,184	4,842	4,351	1,183	1,184
0,14	1,193	1,193	0,081	0,073	1,193	1,193
0,15	1,201	1,201	8,284	7,443	1,200	1,202
кг/кг	мм/сек <sup>0.5</sup>		б/р		мм/сек <sup>0.5</sup>	

Аппроксимируя данные (табл. 3) найденных частных решений в виде степенной функциональной зависимости:

$$\beta(w_k) = (0.961 \cdot w_k^{0.327} + 0.685) \cdot \text{мм/сек}^{0.5}; \quad (40)$$

где  $w_k$  – влагосодержание семян кориандра, (кг/кг), получили возможность уменьшить размерность параметра характеристического уравнения ( $\beta$ ), объединив интегральном показателе влагосодержания замораживаемого материала (рис. 2).

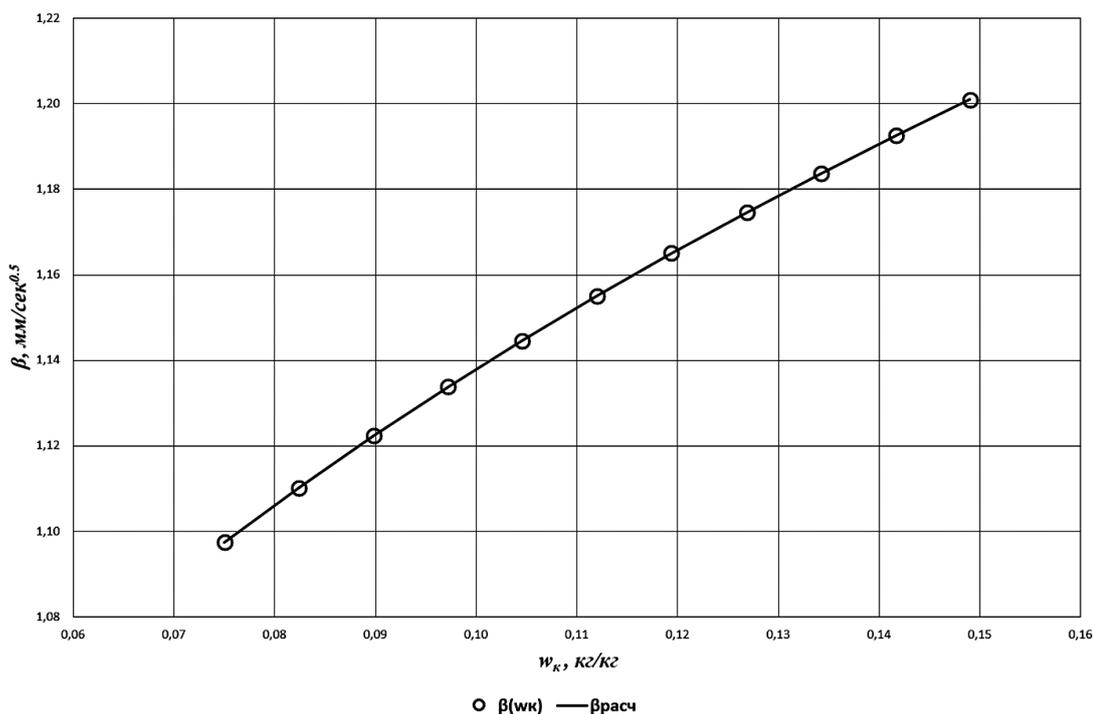


Рис. 2. Влияние влагосодержания на параметр характеристического уравнения процесса криогенного замораживания семян кориандра

Fig. 2. Influence of moisture content on the parameter of the characteristic equation of the process of cryogenic freezing of coriander seeds

Результаты численного моделирования (рис. 2) с оценкой статистической адекватности (табл. 3) найденной зависимости ( $\beta$ ) при возможном изменении влагосодержания (40) показывают, что предлагаемое уравнение (40) имеет незначительные отличия в искомом параметре ( $\beta$ ). Тогда общее решение для температурных полей  $T_1$  и  $T_2$  в указанном интервале возможного изменения влагосодержания семян кориандра (табл. 1), с учетом (табл. 2), примет вид:

$$T_{1\beta}(x, \tau, w_k) = \frac{T_1 \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a_1(w)\tau}}\right) - T_c \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a_1(w)\tau}}\right) + T_c \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{\beta(w_k)}{2\sqrt{a_1(w)\tau}}\right)}{\operatorname{erf}\left(\frac{\beta(w_k)}{2\sqrt{a_1(w)\tau}}\right)}; \quad (41)$$

$$T_{2\beta}(x, \tau) = \frac{T_2 - T_2 \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a_2(w)\tau}}\right) + T_0 \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{a_2(w)\tau}}\right) - T_0 \cdot \operatorname{erf}\left(\frac{\beta(w_k)}{2\sqrt{a_2(w)\tau}}\right)}{1 - \operatorname{erf}\left(\frac{\beta(w_k)}{2\sqrt{a_2(w)\tau}}\right)}; \quad (42)$$

Общее решение, описывающее изменение температуры в процессе криогенного замораживания семян кориандра, представляет собой линейную комбинацию функций (41) и (42) с учетом линейных интерполяционных формул (табл. 2), получаем общее решение в виде:

$$T(x, \tau, w_k) = T_{1\beta}(x, \tau, w_k) \cdot \Phi[\xi(\tau, w_k) - x] + T_{2\beta}(x, \tau, w_k) \cdot \Phi[x - \xi(\tau, w_k)], \quad (43)$$

где  $\Phi(\xi(\tau, w_k) - x)$  – функция Хэвисайда от положения границы фазового перехода промерзания  $\xi(\tau, w_k)$  в момент времени  $t$  и влагосодержания  $w_k$ . При этом положение границы фазового перехода промерзания  $\xi(\tau, w_k)$  определяется из решения уравнений (41) или (42) для температуры замерзания:

$$\xi(\tau, w_k) = T_{2\beta}^{-1}[\{x = \xi(\tau, w_k)\} \cdot \tau, w_k]; \quad (44)$$

Для проверки применимости математической модели процесса криогенного замораживания семян кориандра (43) с учетом (44), произвели расчет температурного поля при нижнем значении влагосодержания, равном 0,075 кг/кг. Как видно из представленной диаграммы температурно-

го поля (рис. 3) криогенного замораживания семян кориандра при влагосодержании 0,075 кг/кг, используемая математическая модель соответствует начальным и граничным условиям проведения процесса при нижнем значении влагосодержания семенной массы.

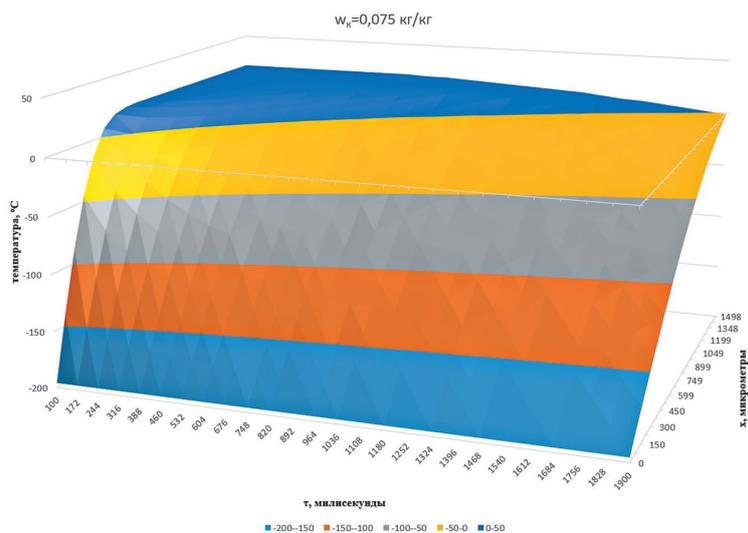


Рис. 3. Кинетика температурного поля криогенного замораживания семян кориандра при влагосодержании 0,075 кг/кг

Fig. 3. Kinetics of the temperature field of cryogenic freezing of coriander seeds at a moisture content of 0.075 kg/kg

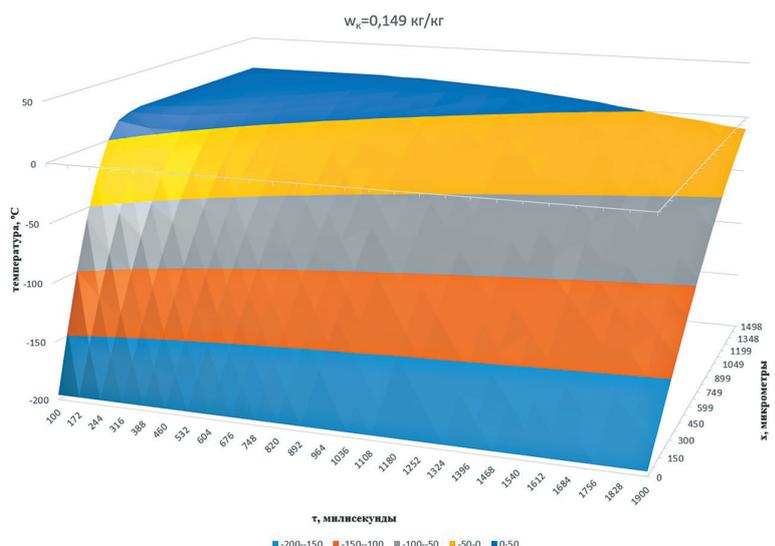


Рис. 4. Кинетика температурного поля криогенного замораживания семян кориандра при влагосодержании 0,149 кг/кг

Fig. 4. Kinetics of the temperature field of cryogenic freezing of coriander seeds at a moisture content of 0.149 kg/kg

Аналогично для проверки применимости математической модели процесса криогенного замораживания семян кориандра (43) с учетом (44) произвели расчет температурного поля при верхнем значении влагосодержания, равном 0,149 кг/кг.

Как видно из представленной диаграммы температурного поля (рис. 4) криогенного замораживания семян кориандра при

влагосодержании 0,149 кг/кг, используемая математическая модель также соответствует начальным и граничным условиям проведения процесса при верхнем значении влагосодержания семенной массы. Полученное общее решение (43), с учетом (44), позволяет произвести расчет времени промерзания семени кориандра в процессе криогенного замораживания (рис. 5).

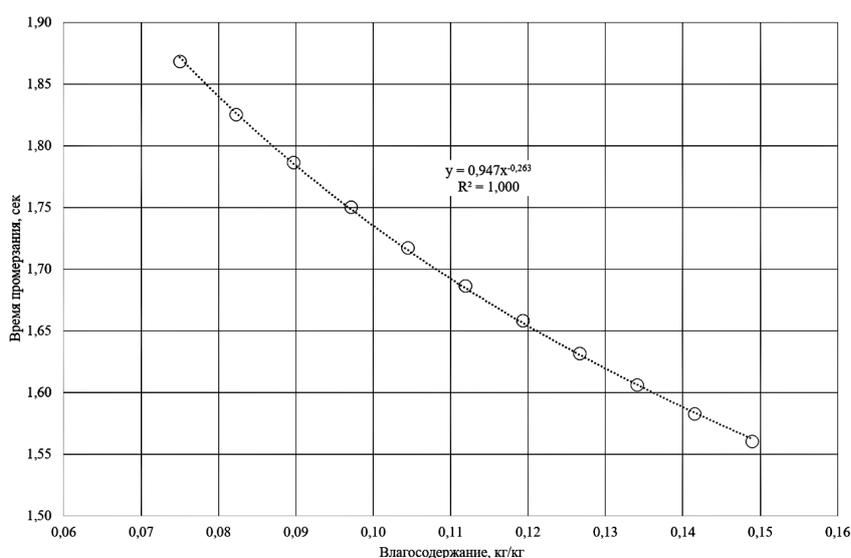


Рис. 5. Расчет времени, необходимого для криогенного замораживания семян кориандра

Fig. 5. Calculation of the time required for cryogenic freezing of coriander seeds

Как видно из представленных данных (рис. 5), решение краевой задачи показывает снижение времени промерзания при увеличении влагосодержания. Эта зависимость объясняется значительным увеличением теплопроводности промерзшей зоны, по сравнению с теплой зоной, которая колеблется в интервале от 1,87 до 2,11, составляя в среднем 2,32 раза. Аналогичные соотношения характерны и для температуропроводности которая колеблется в интервале от 2,05 до 2,40, составляя в среднем 2,27 раза. В этом случае наблюдается значительное превалирование скорости промерзания, где промерзший слой подобен тепловой трубе, а с учетом низкого влагосодержания материала семени кориандра, теплота фазового перехода нивелируется в процессе крио-

генного замораживания семян кориандра. Для удобства использования найденных зависимостей (рис. 5) предлагается инженерная функциональная зависимость:

$$\tau_3 = 0.947 \cdot w_k^{-0.263}, \quad (45)$$

где  $\tau_3$  – время криогенного замораживания, сек. Предлагаемая инженерная функциональная зависимость (45) позволяет оперативно регулировать время воздействия криогенного компонента (жидкий азот) в зависимости от влагосодержания семенной массы, поступающей на обработку.

**Выводы.** Математическое моделирование процесса криогенного замораживания для последующего измельчения замороженной семенной массы кориандра показало временный рамки этого процес-

са, с учетом вариабельности влагосодержания поступающей семенной массы.

Математическая модель процесса, учитывающая теплофизические характеристики основных компонентов замораживаемой семенной массы и особенности формирования температурных полей, с учетом фазового перехода в процессе шоковой заморозки, позволяет уверенно и с высокой точностью прогнозировать изменение температуры внутри семени.

Найденные зависимости процесса криогенного замораживания семян кориандра обобщены в виде интерполяционной

инженерной модели, позволяющей оперативно регулировать время воздействия криогенного компонента (жидкий азот) в зависимости от влагосодержания семенной массы, поступающей на обработку.

Предлагаемый в разработанной математической модели подход в дальнейшем может быть обобщен и использован для описания аналогичных процессов с фазовым переходом в рабочей зоне аппарата, что достаточно широко используется в технологических операциях, применяемых при тепловом воздействии на перерабатываемый продукт.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Пелипенко Т.В., Мустафаев С.К., Усов А.П. и др. Влияние фракционного состава кориандра на его технологические свойства. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015; 113: 105-114.
2. Jazia Sriti A.B., Iness Bettaieb A., Olfa Bachrouch A. Brahim Marzouk Chemical composition and antioxidant activity of the coriander cake obtained by extrusion. Arabian Journal of Chemistry. 2014.
3. Абрамовиц М., Стиган И. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами. М.: Наука; 1979.
4. Тарасов В.Е. Технология эфирных масел и фитопрепаратов: учебное пособие для студентов. Краснодар: КубГТУ; 2013.
5. Гинзбург А.Г., Громов М.А., Красовская Г.И. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочник. Издание второе, дополненное и переработанное. М.: Пищевая пром-сть; 1980.
6. Краткий справочник физико-химических величин / под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя. 7-е изд. Л.: Химия; 1974.
7. Илюхин В.В. Физико-химические основы криоразделения пищевых продуктов. М.: Агропромиздат; 1990.
8. Кондратьев Г.М. Регулярный тепловой режим. М.: Госиздат техн.-теор. лит.; 1954.
9. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Справочная книга. Л.: Энергия; 1974.
10. Косова Н.В., Меретуков З.А., Кошевой Е.П. Теоретические основы определения прочностных свойств растительного сырья и методика их экспериментального исследования. Новые технологии. 2013; 3: 26-31.

### REFERENCES:

1. Pelipenko T.V., Mustafaev S.K., Usov A.P. et al. The influence of the fractional composition of coriander on its technological properties. Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2015; 113: 105-114. (In Russ).
2. Jazia Sriti A.B., Iness Bettaieb A., Olfa Bachrouch A. Brahim Marzouk Chemical composition and antioxidant activity of the coriander cake obtained by extrusion. Arabian Journal of Chemistry 2014.

3. Abramovits M., Stigan I. Handbook of special functions with formulas, graphs and mathematical tables. M.: Nauka; 1979. (In Russ).
4. Tarasov V.E. Technology of essential oils and herbal preparations: a textbook for students. Krasnodar: KubSTU; 2013. (In Russ).
5. Ginzburg A.G., Gromov M.A., Krasovskaya G.I. Thermophysical characteristics of food products. Directory. Second edition, expanded and revised. M.: Food industry; 1980. (In Russ).
6. Brief reference book of physical and chemical quantities / ed. by K.P. Mishchenko A.A. Ravidelya. 7th ed. L.: Chemistry; 1974. (In Russ).
7. Ilyukhin V.V. Physico-chemical basis of cryoseparation of food products. M.: Agropromizdat; 1990. (In Russ).
8. Kondratyev G.M. Regular thermal regime. M.: Gosizdat tekhn.-teor. lit.; 1954.
9. Dulnev G.N., Zarichnyak Yu.P. Thermal conductivity of mixtures and composite materials. Reference book. L.: Energy; 1974. (In Russ).
10. Kosova N.V., Meretukov Z.A., Koshevoy E.P. Theoretical foundations for determining the strength properties of plant raw materials and methods for their experimental research. New technologies. 2013; 3:26-31. (In Russ).

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Надежда Валентиновна Стерехова**, аспирант, старший преподаватель кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

nadia1982m@mail.ru  
тел.: +7 (928) 472 94 51

**Nadezhda V. Sterekhova**, Post graduate student, Senior lecturer, the Department of Construction and General Professional Disciplines, FSBEI HE «Maikop State Technological University»

nadia1982m@mail.ru  
tel.: +7 (928) 472 94 51

**Заур Айдамирович Меретуков**, доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой строительных и общепрофессиональных дисциплин ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

zaur-meretukov@yandex.ru  
тел.: +7 (906) 438 74 38

**Zaur A. Meretukov**, Dr Sci. (Engineering), Head of the Department of Construction and General Professional Disciplines, FSBEI HE «Maikop State Technological University»

zaur-meretukov@yandex.ru  
tel.: +7 (906) 438 74 38

**Сусана Юрьевна Гонежук**, аспирант, старший преподаватель кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»

gonezhuk.79@mail.ru  
тел.: +7 (918) 380 36 73

**Susana Y. Gonezhuk**, Postgraduate student, Senior lecturer, the Department of Construction and General Professional Disciplines, FSBEI HE «Maikop State Technological University»

gonezhuk.79@mail.ru  
tel.: +7 (918) 380 36 73

**Рита Гучипсовна Шишова**, кандидат технических наук, доцент кафедры строи-

**Rita G. Shishova**, PhD (Engineering), Associate Professor, the Department of Con-

тельных и общепрофессиональных дисциплин, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»  
shishova028@mail.ru  
тел.: +7 (918) 425 85 81

struction and General Professional Disciplines, FSBEI HE «Maikop State Technological University»  
shishova028@mail.ru  
tel.: +7 (918) 425 85 81

#### **Заявленный вклад соавторов**

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

#### **Claimed contribution of co-authors**

All authors of the research were directly involved in the design, execution, and analysis of the research. All authors of the article have read and approved the final version submitted.

---

Поступила в редакцию 23.03.2024; поступила после рецензирования 03.05.2024; принята к публикации 03.05.2024

Received 23.03.2024; Revised 03.05.2024; Accepted 03.05.2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Изучение биологически активных веществ растений Северо-Западного Кавказа, оказывающих седативное действие

Марина И. Стальная\*, Наталья О. Сичко

*ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;  
ул. Первомайская, д. 191, г. Майкоп, 385000, Российская Федерация*

**Аннотация.** Лекарственные растения всегда вызывали повышенный интерес, поскольку они, как правило, обладают фармакологическим действием, низкой токсичностью и высокой безопасностью. Растительные препараты можно использовать как для профилактики некоторых заболеваний, так и для лечения хронических и медленно развивающихся. При этом и практически здоровые люди также могут использовать их для улучшения качества жизни. Опыт применения лекарственных растений народной медициной на Северо-Западном Кавказе (в частности, в Республике Адыгея) способствовал их активному изучению с целью внедрения официальной научной медициной в клиническую практику.

Для лечения, профилактики и диагностики многих заболеваний широко используются лекарственные средства, обладающие успокаивающим воздействием при различных невротических состояниях и оказывающие регулирующее влияние на центральную нервную систему, понижая возбудительные процессы, усиливая процессы торможения или устраняя последствия стрессовых ситуаций. В связи с этим возникает необходимость расширения местной сырьевой базы лекарственных растений, которые в высоких концентрациях накапливают биологически активные вещества.

В статье приводятся данные по исследованию дикорастущих северо-кавказских популяций лекарственных растений (валерианы лекарственной, хмеля обыкновенного, пустырника сердечного и мяты перечной), являющихся перспективными продуцентами биологически активных соединений. Полученные результаты свидетельствуют о безопасности сырья, позволяют оценить его качество и доказывают перспективность проводимых научных исследований, имеющих не только теоретическое, но и практическое значение с целью создания препаратов, оказывающих седативное действие, а также для переработки без ограничений.

**Ключевые слова:** дикорастущие популяции, лекарственное растительное сырье, выход сухого сырья, экстрактивные вещества, фенольные гликозиды, эфирное масло

*Для цитирования:* Стальная М.И., Сичко Н.О. Изучение биологически активных веществ растений Северо-Западного Кавказа, оказывающих седативное действие. *Новые технологии / New technologies.* 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-157-169>

## Study of biologically active substances of plants of the North-West Caucasus that produce a sedative effect

Marina I. Stalnaja\*, Natalia O. Sichko

*FSBEI HE «Maikop State Technological University»; 191 Pervomaiskaya str., Maikop, 385000, the Russian Federation*

**Abstract.** Medicinal plants have always arised an interest because they usually have pharmacological effects, low toxicity and high safety. Herbal preparations can be used both for the prevention of certain diseases and for the treatment of chronic and slowly developing ones. At the same time, practically healthy people can also use them to improve their quality of life. The experience of using medicinal plants in traditional medicine in the North-West Caucasus (in particular, in the Republic of Adygea) contributed to their active study with the aim of introducing official scientific medicine into clinical practice.

For the treatment, prevention and diagnosis of many diseases, the medications are widely used that have a sedative effect in various neurotic conditions and have a regulatory effect on the central nervous system, reducing excitatory processes, enhancing inhibitory processes or eliminating the consequences of stressful situations. In this regard, there is a need to expand the local raw material base of medicinal plants, which accumulate biologically active substances in high concentrations.

The article provides data on the study of wild North Caucasian populations of medicinal plants (valerian officinalis, common hop, motherwort and peppermint), which are promising producers of biologically active compounds. The results obtained indicate the safety of the raw material, allow us to evaluate its quality and prove the promise of ongoing scientific research, which has not only theoretical but also practical significance for the purpose of creating drugs that have a sedative effect, as well as for processing without restrictions.

**Keywords:** wild populations, medicinal plant raw materials, yield of dry raw materials, extractives, phenolic glycosides, essential oil

*For citation:* Stalnaja M.I., Sichko N.O. Study of biologically active substances of plants of the North-West Caucasus that produce a sedative effect. *Novye tehnologii / New technologies.* 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-157-169>

**Введение.** На сегодняшний день лечение и предупреждение депрессивных симптомов – это одна из самых распространенных и актуальных проблем совре-

менного общества. Это весьма важно, особенно для России, в которой присутствуют множество субъективных факторов риска для развития подобных заболеваний.

Невротические признаки в большинстве случаев начинают проявляться в результате влияния стрессогенных факторов, к которым можно отнести как неблагоприятные условия жизни, так и психические травмы и специфическую трудовую деятельность. Проявляются невротические расстройства подавленным настроением, раздражительностью, тревогой, усталостью, рассеянностью, неуверенностью в себе, нарушениями сна, головными болями, обусловленными нервным перенапряжением. Нередко невротоподобные симптомы могут быть обусловлены переутомлением, хроническим недосыпанием, сочетанием многих причин, приводящих к истощению умственных и физических сил.

Современная фармакологическая отрасль имеет в наличии огромное количество лекарственных препаратов, которые воздействуют на центральную нервную систему. Имеющиеся синтетические седативные средства, представленные на фармацевтическом рынке, безусловно, эффективны, однако у них часто отмечаются продолжительные побочные эффекты. От седативного (анксиолитического) препарата требуется снижение чувства тревоги, он должен обладать успокаивающими свойствами, оказывая при этом мягкое воздействие на психические и двигательные функции организма. При этом степень угнетения центральной нервной системы человека, вызванная применяемым седативным средством, должна быть минимизирована [1].

Растительное средство действует мягче, чем синтетические препараты, не вызывает побочных эффектов или привыкания. При этом оно эффективно справляется не только с симптомами переутомления, но и избавляет организм от его причин.

Актуальность выбранной темы заключается в том, что фитотерапевтические лекарственные средства, используемые при невротических расстройствах, неслучайно привлекают высоким уровнем безопасности, мягким воздействием и, как

следствие, при сохранении весьма высокой эффективности, возможностью их длительного использования. К растительным препаратам не развивается зависимость, что часто наблюдается при применении синтетических транквилизаторов бензодиазепинового ряда.

**Цель исследования** – сравнительное изучение состава биологически активных веществ (БАВ) лекарственных видов растений, произрастающих в природно-климатических условиях Северо-Западного Кавказа, на территории Республики Адыгея.

Объектами исследования являются дикорастущие популяции лекарственных растений: корневища с корнями валерианы лекарственной (*Valeriana officinalis L.*), соплодия хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus L.*), трава пустырника сердечного (*Leonurus cardiaca L.*) и листья мяты перечной (*Mentha piperita L.*). Сырьё выбранных видов было собрано в экологически чистой предгорной зоне Республики Адыгея на высоте 480 м над уровнем моря в конце июня – начале октября 2023 года, в зависимости от установленных сроков сбора выбранного сырья.

**Методы.** В процессе исследования были использованы стандартные методы анализа, используемые при изучении растительного сырья: термогравиметрический, перманганатометрический, экстрагирование и дистилляция.

**Результаты.** В растительном сырье четырёх отобранных видов лекарственных растений, произрастающих в предгорной зоне Республики Адыгея, были установлены биологически активные вещества (выхода сухого сырья, влажности, общей золы, экстрактивных веществ, фенольных гликозидов и эфирных масел).

В фармацевтической области сушка является в настоящее время единственным официально разрешенным методом консервирования, в связи с чем практически все виды лекарственного растительного сырья (ЛРС) различных морфологических

групп используют в высушенном виде [2, 3]. При снижении содержания влаги до 20% уменьшается ферментативная активность, а до 10–14% – прекращается деятельность ферментов, т. е. приостанавливаются биохимические процессы, приводящие к разрушению действующих веществ в сырье.

Согласно данным Государственной фармакопеи [4], выход воздушно-сухого сырья зависит от содержания в нем внутриклеточной и поверхностной влаги. Для корней и корневищ выход воздушно-сухого сырья составляет 20–30%, сочных трав – 20–25%, сухих трав – 35–50%, листьев сочных – 15–20%, листьев кожистых – 45–50%, цветков – 15–20%, плодов сочных – 15–20%, плодов сухих – 25–30%, коры – 40%.

В результате высушивания исследуемых ЛРС, обладающих седативными свойствами, нами был установлен показатель выхода сухого сырья исследуемых образцов: валериана лекарственная корневища с корнями – 23,61%; хмель обыкновенный, шишки – 26,84%; пустырник, трава – 24,11%; мята перечная, листья – 18,55%.

Полученные результаты исследований, выбранных четырех видов ЛРС, произрастающих в предгорной зоне Адыгеи (станция Даховская, Майкопский район), соответствуют нормативной документации для данного вида сухого сырья и могут быть использованы для дальнейших химических исследований.

Согласно нормативной документации, готовое высушенное растительное сырье должно содержать от 10 до 14% гигроскопической влаги. Если данный показатель в сырье завышен, это приводит к его порче: появляется не характерный затхлый запах, начинает изменяться цвет сырья, появляется плесень и разрушаются действующие активные вещества. Такого рода сырье уже не пригодно к использованию. В этой связи имеющаяся нормативная документация на каждый вид лекарственного сырья регламентирует нормативы по содержа-

нию влаги (влажности), не превышающие установленного значения.

В высушенных образцах ЛРС нами было определено содержание влаги, т. е. потеря в массе за счет гигроскопической влаги и летучих веществ, которую определяют в сырье при высушивании до постоянной массы. Для этого мы измельчали аналитическую пробу сырья до размера частиц около 10 мм, перемешивали и брали две навески массой 3–5 г, взвешенные с погрешностью  $\pm 0,01$  г. Каждую навеску помещали в предварительно высушенную и взвешенную вместе с крышкой бюксу и ставили в нагретый до 100–105°C сушильный шкаф. Время высушивания отсчитывают с того момента, когда температура в сушильном шкафу достигнет 100–105°C.

Первое взвешивание листьев, трав и цветков проводили через 2 ч, корней, корневищ – через 3 ч. Высушивание проводили до постоянной массы. Постоянная масса считается достигнутой, если разница между двумя последующими взвешиваниями после 30 мин высушивания и 30 мин охлаждения в эксикаторе не превышает 0,01 г. Полученные нами результаты по определению влажности представлены на рисунке 1.

Анализируя данные количественного содержания влажности в ЛРС указанных образцов, можно отметить, что все значения исследуемого показателя соответствуют значениям нормативной документации по исследуемым видам. Нами установлено максимальное содержание влаги в корнях и корневищах валерианы (13,48%), минимальное значение показали образцы соплодий хмеля (0,43%). Средние показатели находятся в пределах от 10,54% – у хмеля обыкновенного, до 13,25% – у валерианы лекарственной. Это говорит о том, что сырье может храниться без разложения продолжительное время при комнатной температуре в затемнённом помещении.

Важным числовым показателем, определяющим его доброкачественность, является содержание экстрактивных веществ в

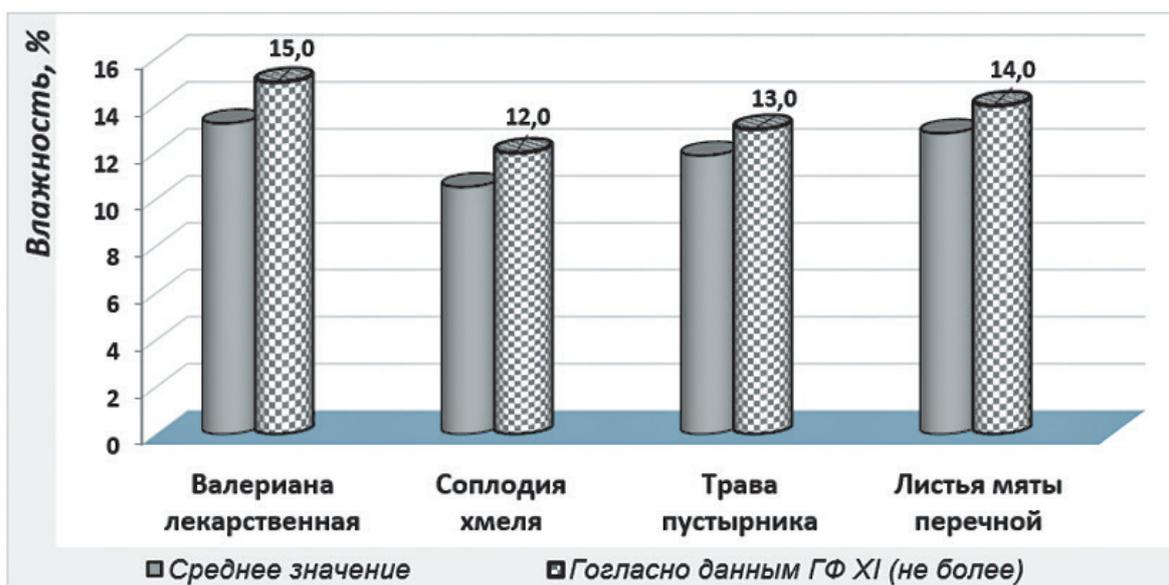


Рис. 1. Количественное содержание влаги в растительном сырье

Fig. 1. Quantitative moisture content in plant materials

исследуемом лекарственном растительном сырье. Это особенно характерно для тех видов растений, у которых не устанавливается количественное содержание действующих веществ [5].

В лекарственном растительном сырье экстрактивными веществами принято условно называть совокупность неорганических и органических веществ, которые хорошо извлекаются из сырья соответствующими растворителями и могут быть рассчитаны количественно.

Выбор оптимального растворителя (экстрагента) имеет большое значение при производстве фитохимических препаратов. К нему предъявляют следующие требования. Избирательность действия, т. е. максимальное извлечение необходимого лекарственного вещества (или комплекса) из растений и минимум балластных веществ. Растительный материал хорошо увлажнять, чтобы получить необходимый десорбирующий эффект для проникновения через клеточные стенки. Не участвовать в химических реакциях с лекарственными веществами и не менять их фармакотерапевтические свойства. С

точки зрения техники безопасности быть удобным в использовании и фармакологически индифферентными (с учётом воспламеняемости, взрывоопасности и неблагоприятного воздействия на организм). Быть доступным, недорогим и экономичным. При производстве препаратов на основе растительного сырья в качестве экстрагентов часто используют очищенную воду и этанол [6, 7].

На начальном этапе исследований подготовленные образцы растительного сырья Республики Адыгея были проанализированы на количественное содержание экстрактивных веществ, которые возможно извлечь различными растворителями (табл. 1).

Показано, что 70%-й этиловый спирт извлекает наибольшее количество экстрактивных веществ.

Далее все образцы были подвергнуты физико-химическому изучению на наличие биологически активных веществ. Это связано с тем, что высокие показатели экстрактивных веществ в четырех изучаемых видах растительного сырья косвенно отражают химический состав растения [8];

Содержание экстрактивных веществ в исследуемых образцах  
в различных растворителях

Table 1

Content of extractive substances in the studied samples in various solvents

№ п/п	Экстрагент	Вид лекарственного сырья	Содержание, %	Среднее значение, %
1	Вода	Валериана лекарственная	12,54	12,51
		Хмель обыкновенный	12,49	
		Пустырник	12,31	
		Мята перечная	12,68	
2	40 % этанол	Валериана лекарственная	33,29	33,43
		Хмель обыкновенный	33,44	
		Пустырник	33,51	
		Мята перечная	33,47	
3	70 % этанол	Валериана лекарственная	36,12	35,91
		Хмель обыкновенный	36,03	
		Пустырник	35,65	
		Мята перечная	35,85	
4	96 % этанол	Валериана лекарственная	23,92	23,90
		Хмель обыкновенный	24,01	
		Пустырник	23,68	
		Мята перечная	23,98	

при этом стандартизация сырья по экстрактивным веществам целесообразна лишь в тех случаях, когда фитотерапевтическое действие изучаемого растения связано с суммарным содержанием действующих веществ или не определены нормативы по содержанию отдельных его компонентов.

Экстрактивные вещества извлекали из сырья 70% этиловым спиртом. Полученные экстракты настаивали при комнатной температуре ( $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) в течение 3 суток и отфильтровывали через мембранный фильтр. Полученные экстракты представляли собой прозрачные или слегка мутные интенсивно окрашенные жидкости с душистым ароматом.

Результаты проведенных исследований количественного определения экстрактивных веществ в абсолютно сухом сырье исследуемых видов лекарственного

растительного сырья гравиметрическим методом представлены в виде графической зависимости на рисунке 2.

Полученные результаты по изучению содержания суммы экстрактивных веществ, извлекаемых 70% этиловым спиртом из растительного сырья предгорной зоны Адыгеи показали, что в валериане лекарственной этот показатель достигает наибольшего значения – 30,07%, а их наименьшее количество сосредоточено в траве пустырника – 18,33%. Все результаты соответствуют требованиям Государственной фармакопеи, что указывает на высокое качество данного ЛРС.

Для получения данных исследования выбранные образцы ЛРС были подвергнуты озолению в тиглях сушильной камеры и последующего прокаливанию остатка до постоянной массы, в результате чего нами



Рис. 2. Количественное содержание экстрактивных веществ в растительном сырье

Fig. 2. Quantitative content of extractives in plant materials

было определено содержание общей золы, указывающее на несгораемый остаток минеральных веществ в навеске ЛРС.

Полученные нами результаты определения зольных веществ, характеризующие общее количество элементов и минеральных примесей, представлены на рисунке 3.

Представленные данные по содержанию общей золы на абсолютно сухое сырье (с учетом аналитической влажности)

показывают, что все проанализированные образцы ЛРС не превышают значения Государственной фармакопеи и соответствуют данным по количественному содержанию исследуемого показателя. Наибольшее значение показало сырье листьев мяты перечной – 13,49%, а наименьшее их количество отмечено в корнях валерианы лекарственной – 7,81%.

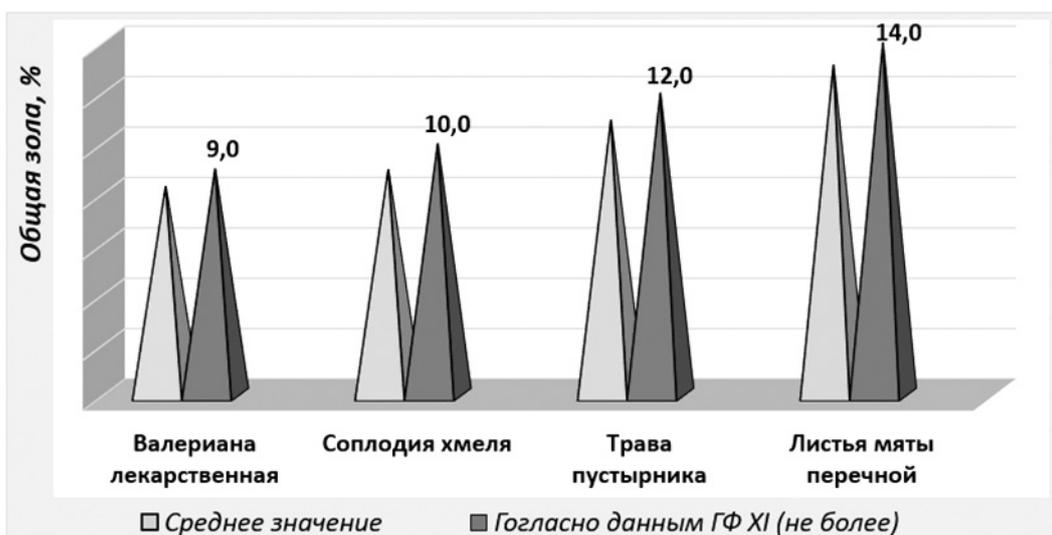


Рис. 3. Количественное содержание общей золы в растительном сырье

Fig. 3. Quantitative content of total ash in plant materials

Далее мы исследовали готовые образцы на наличие эфирных масел, которые являются продуктами жизнедеятельности растений. На основании литературных данных установлено, что количественный и качественный состав масел в связи с изменением жизненных функций растений по мере их развития постоянно меняется. На жизнедеятельность растений влияет изменение климатических условий мест произрастания (количество осадков, температура воздуха, влажности почвы и воздуха, освещенность), что является следствием увеличения или уменьшения содержания эфирного масла и отдельных его составляющих [9]. В этой связи при определенных климатических условиях установление сроков уборки каждой культуры и точное соблюдение этих сроков играют решающую роль в эфирномасличном

производстве. При производстве эфирных масел качество и их выход в первую очередь зависят от времени сбора [10].

Эфирное масло исследуемых растений обладает мощными терапевтическими свойствами, которые воздействуют на организм в разных направлениях. При применении спиртовых настоек рассмотренных ЛРС наблюдается уменьшение эмоционального напряжения без снотворного эффекта [11, 12].

Поскольку экспериментальные образцы являются эфиромасличным сырьем, методом перегонки с водяным паром и последующим измерением объема мы установили количественное содержание эфирных масел в отобранных образцах. Результаты количественного анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание эфирных масел в исследуемых образцах растений

Table 2

Content of essential oils in the studied plant samples

Исследуемый вид	Номер опыта	Содержание эфирных масел, %	Среднее значение, %	Значение, согласно данным ГФ XI, %
Валериана лекарственная ( <i>Valeriana officinalis</i> L.s.l.), корневища с корнями	1	3,39	3,53	3,0-3,5
	2	3,62		
	3	3,57		
Хмель обыкновенный ( <i>Humulus lupulus</i> L.), шишки	1	3,54	3,50	0,5-3,8
	2	3,61		
	3	3,36		
Пустырник ( <i>Leonurus cardiaca</i> L.), трава	1	0,03	0,04	0,05
	2	0,06		
	3	0,04		
Мята перечная ( <i>Mentha piperita</i> L.), листья	1	2,61	2,73	2,4-3,0
	2	2,82		
	3	2,77		

Нами было отмечено, что содержание эфирных масел соплодий хмеля, листьев пустырника и травы мяты перечной со-

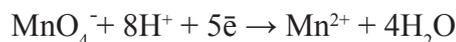
ответствует нормативной документации, а в корнях валерианы лекарственной наблюдается незначительное превыше-

ние указанного показателя на 0,03%, что положительно отражается на ее фармакологической характеристике.

Следует сказать, что мы исследовали лишь листья пустырника, в которых установлено содержание эфирных масел в пределах 0,04%. Однако, согласно литературным данным, корни этого растения накапливают около 2% этого вещества. Если рассматривать суммарное содержание исследуемого показателя во всём растении, то, возможно, оно не будет существенно отличаться от других исследуемых видов.

Определение содержания фенольных гликозидов проводилось методом перманганатометрии (метод Левентала в модификации Курсанова) [13]. Метод основан на окислении фенольных соединений

марганцевокислым калием в присутствии индигокармина (pH = 11–14) в качестве индикатора:



Полученные извлечения разбавили в 20 раз и получили сильно разбавленные растворы. Используя метод титрования в кислой среде при комнатной температуре, приливали перманганат калия медленно, по каплям, при этом раствор интенсивно перемешивали. Применяемый метод достаточно прост в исполнении, он быстрый и экономичный, но недостаточно точный, так как перманганат калия частично окисляет и низкомолекулярные соединения фенольной природы. Результаты исследования представлены на рисунке 4.

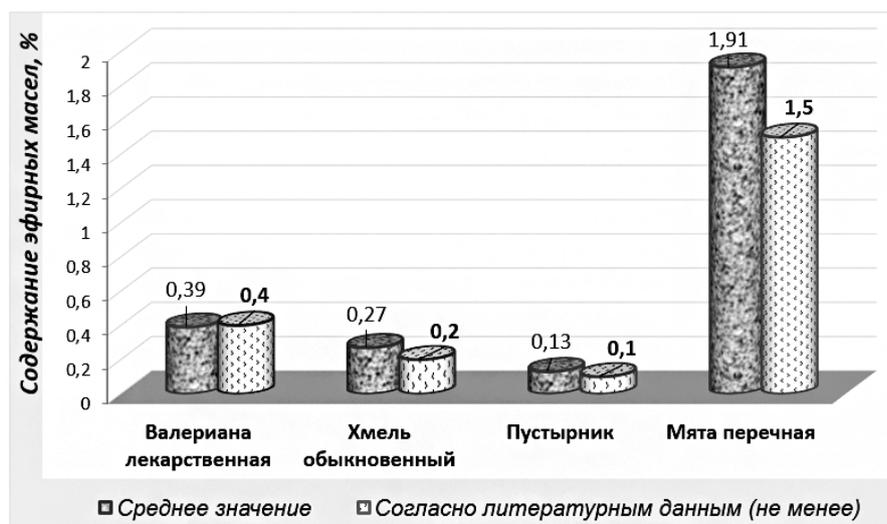


Рис. 4. Количественное содержание фенольных гликозидов в растительном сырье

Fig. 4. Quantitative content of phenolic glycosides in plant materials

Таким образом, нами был отмечен высокий уровень варьирования фенольных гликозидов в изучаемом растительном сырье седативного действия и показано, что он превышает минимальный предел значений, указанных в нормативной документации, и находится в пределах от 0,13% (в траве пустырника) до 1,91% (в листьях мяты). Данные фенолгликозиды проявляют себя как ингибиторы окислительных процессов [14, 15].

В процессе исследовательской работы по изучению количественных химических показателей лекарственного сырья валерианы лекарственной, соплодий хмеля обыкновенного, травы пустырника и корней и корневищ мяты перечной нами была проведена сравнительная характеристика полученных результатов исследований ЛРС Адыгеи, которая представлена на рисунке 5.

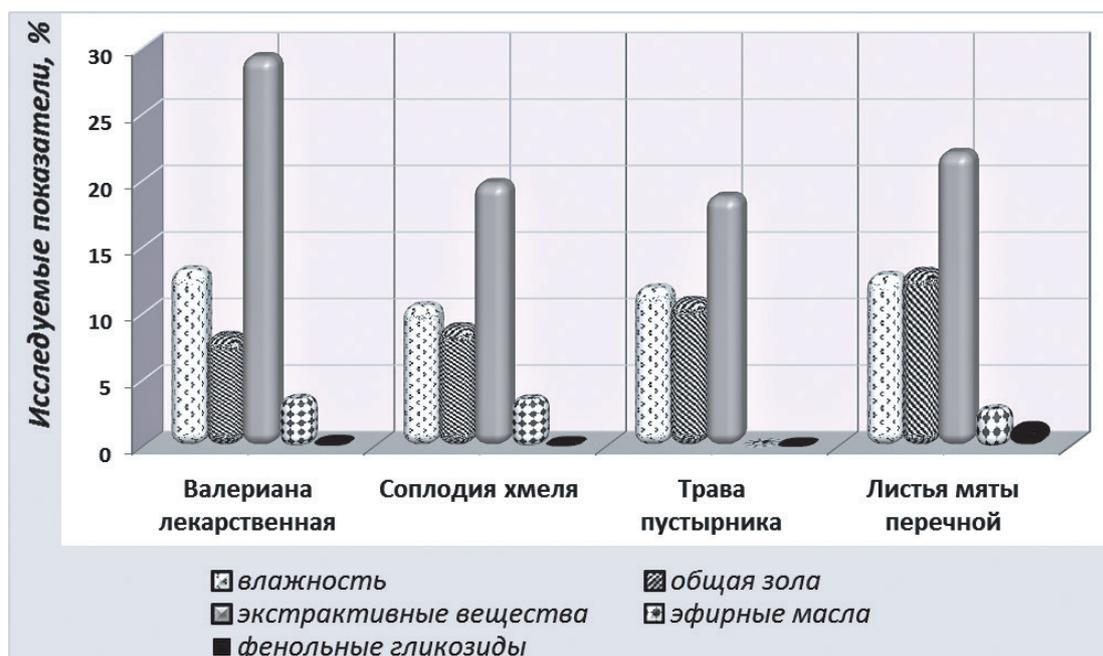


Рис. 5. Сравнительная характеристика химического состава исследуемых образцов лекарственного растительного сырья Адыгеи

Fig. 5. Comparative characteristics of the chemical composition of the studied samples of medicinal plant raw materials of Adygea

**Заключение.** Анализируя полученные данные по изучению химического состава отобранных образцов растений предгорной зоны Республики Адыгея, относящихся к седативной группе, можно отметить, что бесспорным лидером по накоплению изучаемых показателей являются корни и корневища валерианы лекарственной. В корнях этого растения аккумулируется до 29,28% экстрактивных веществ и до 1,98% фенольных гликозидов, что обеспечивает высокую терапевтическую ценность данного лекарственного растительного сырья. Лекарственное сырье валерианы содержит эфирное масло, состоящее из сложных эфиров (в т. ч. спирта борнеола и изовалериановой кислоты), борнеол, органические кислоты (в т. ч. валериановую), а также некоторые алкалоиды (валерин

и хатинин), дубильные вещества, сахара и др., благодаря которым это растение оказывает умеренное успокаивающее действие, усиливает действие снотворных средств, обладает также спазмолитическими свойствами.

Содержание исследуемых действующих веществ в корневищах с корнями валерианы лекарственной, соплодиях хмеля, траве пустырника и листьях мяты перечной находится в пределах нормативной документации по каждому исследуемому виду сырья. Полученные результаты свидетельствуют о безопасности сырья, что открывает большие возможности использования исследуемых видов в качестве препаратов, оказывающих седативное действие, а также для переработки без ограничений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование / АН СССР. Бот. ин-т им. В.Л. Комарова. Л.: Наука; 1988.
2. Турищев С.Н. Лекарственные растения седативного действия. *Врач.* 2008; 3: 69-71.
3. Понасенко А.С. и др. Разработка технологии сушки растительного сырья [Электронный ресурс]. *Universum: технические науки.* 2022; 12(105). URL: <https://universum.com/ru/tech/archive/item/14803> (дата обращения: 11.03.2024).
4. Государственная Фармакопея СССР. 11-е изд. Вып. 2. М.: Медицина; 1990.
5. Стальная М.И. Определение содержания экстрактивных веществ в плодах боярышника, произрастающих в предгорной зоне Северного Кавказа. Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы: материалы VII Международной научно-практической онлайн-конференции (16-18 нояб. 2022 г.). Майкоп: Магарин О.Г.; 2022: 506-508.
6. Дубашинская Н.В., Хишова О.М., Шимко О.М. Некоторые особенности экстрагирования лекарственного растительного сырья [Электронный ресурс]. *Вестник фармации.* 2006; 4(34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-ekstragirovaniya-lekarstvenogo-rastitelnogo-syrya-chast-i> (дата обращения: 13.03.2024).
7. Chelly S., Chelly M., Occhiuto C. et al. Evaluation of Antioxidant, Anti-Inflammatory and Antityrosinase Potential of Extracts from Different Aerial Parts of *Rhanterium suaveolens* from Tunisia. *Chem Biodivers.* 2021; 18(8): e2100316.
8. Иванова О.В., Стальная М.И. Изучение процесса экстракции биологически активных веществ цветков ромашки предгорной зоны Адыгеи. Молодая аграрная наука: материалы Международной научно-практической конференции (к 30-летию образования Майкопского государственного технологического университета, 1993–2023 гг.) (28 апр. 2023 г.). Майкоп: Магарин О.Г.; 2023: 208-214.
9. Улухмурадова И., Стальная М.И. Получение эфирных масел из растительного сырья и определение их физико-химических показателей. Молодая аграрная наука: материалы Международной научно-практической конференции (к 30-летию образования Майкопского государственного технологического университета, 1993–2023 гг.) (28 апр. 2023 г.). Майкоп: Магарин О.Г.; 2023: 393-399.
10. Паштецкий В.С., Тимашева Л.А., Пехова О.А. и др. Эфирные масла и их качество. Симферополь: АРИАЛ; 2021.
11. Adiguzel A. Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Nepeta cataria*. *Polish Journal of Microbiology.* 2009; 58(1): 69-76.
12. Ткаченко К.Г. Эфирномасличные растения и эфирные масла: достижения и перспективы, современные тенденции изучения и применения [Электронный ресурс]. *Вестник Удмуртского университета. Серия: Биология. Науки о Земле.* 2011; 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/efirnomaslichnye-rasteniya-i-efirnye-masla-dostizheniya-i-perspektivy-sovremennye-tendentsii-izucheniya-i-primeneniya> (дата обращения: 13.03.2024).
13. Масленникова К.А., Конюхова О.М., Канарский А.В. Фенолгликозиды растений семейства Salicaceae [Электронный ресурс]. *Вестник Казанского технологического университета.* 2014; 14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fenolglykozidy-rasteniysemeystva-salicaceae> (дата обращения: 13.03.2024).
14. Nawrot-Hadzik I, Granica S, Domaradzki K. et al. Isolation and Determination of Phenolic Glycosides and Anthraquinones from Rhizomes of Various *Reynoutria* Species. *Planta Med.* 2018; 84(15):1118-1126.

15. Lee T.M., Marderosian A.H. Twodimensional TLC analysis of ginsenosides from root of dwarf ginseng (*Panax trifolius* L.), Araliaceae. *J. Pharm. Sci.* 1981; 70(1): 89-91.

## REFERENCES:

1. Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition, use / The USSR Academy of Sciences. Botanic Institute named after V.L. Komarov. L.: Science; 1988. (In Russ).

2. Turishchev S.N. Medicinal plants with sedative effects. Doctor. 2008; 3: 69-71. (In Russ).

3. Ponasenko A.S. et al. Development of technology for drying plant raw materials [Electronic resource]. *Universum: technical sciences.* 2022; 12(105). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14803> (access date: 11/03/2024) (In Russ).

4. State Pharmacopoeia of the USSR. 11th ed. Vol. 2. M.: Medicine; 1990. (In Russ).

5. Stalnaja M.I. Determination of the content of extractive substances in hawthorn fruits growing in the foothill zone of the North Caucasus. Science, education and innovation for the agro-industrial complex: state of the art, problems and prospects: materials of the VII International Scientific and Practical Online Conference (November 16-18, 2022). Maikop: Magarin O.G.; 2022: 506-508. (In Russ).

6. Dubashinskaya N.V., Khishova O.M., Shimko O.M. Some features of the extraction of medicinal plant materials [Electronic resource]. *Bulletin of Pharmacy.* 2006; 4(34). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-osobennosti-ekstragirovaniya-lekarstvenogorastitelno-syrya-chast-i> (date of access: 13/03/2024). (In Russ).

7. Chelly S., Chelly M., Occhiuto C. et al. Evaluation of Antioxidant, Anti-Inflammatory and Antityrosinase Potential of Extracts from Different Aerial Parts of *Rhanterium suaveolens* from Tunisia. *Chem Biodivers.* 2021; 18(8): e2100316.

8. Ivanova O.V., Stalnaja M.I. Study of the process of extraction of biologically active substances of chamomile flowers in the foothill zone of Adygea. Young agricultural science: materials of the International Scientific and Practical Conference (to the 30th anniversary of the founding of Maikop State Technological University, 1993-2023) (April 28, 2023). Maikop: Magarin O.G.; 2023: 208-214. (In Russ).

9. Ulukhmuradova I., Stalnaja M.I. Obtaining essential oils from plant materials and determining their physical and chemical parameters. Young agricultural science: materials of the International Scientific and Practical Conference (to the 30th anniversary of the founding of Maikop State Technological University, 1993-2023) (April 28, 2023). Maikop: Magarin O.G.; 2023: 393-399. (In Russ).

10. Pashtetsky V.S., Timasheva L.A., Pekhova O.A. et al. Essential oils and their quality. Simferopol: ARIAL; 2021. (In Russ).

11. Adiguzel A. Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and methanol extract of *Nepeta cataria*. *Polish Journal of Microbiology.* 2009; 58(1): 69-76.

12. Tkachenko K.G. Essential oil plants and essential oils: achievements and prospects, current trends in study and application [Electronic resource]. *Bulletin of Udmurt University. Series: Biology. Geosciences.* 2011; 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/efirnomaslichnyerasteniya-i-efirnye-masla-dostizheniya-i-perspektivy-sovremennye-tendentsii-izucheniya-i-primeniya> (date of access: 03.13.2024). (In Russ).

13. Maslennikova K.A., Konyukhova O.M., Kanarsky A.V. Phenolglycosides from plants of the Salicaceae family [Electronic resource]. *Bulletin of Kazan Technological University.* 2014; 14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fenolglykozidy-rasteny-semeystva-salicaceae> (access date: 13/03/2024). (In Russ).

14. Nawrot-Hadzik I, Granica S, Domaradzki K. et al. Isolation and Determination of Phenolic Glycosides and Anthraquinones from Rhizomes of Various Reynoutria Species. *Planta Med.* 2018; 84(15):1118-1126.

15. Lee T.M., Marderosian A.H. Twodimensional TLC analysis of ginsenosides from root of dwarf ginseng (*Panax trifolius* L.), Araliaceae. *J. Pharm. Sci.* 1981; 70(1): 89-91.

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Марина Ильинична Стальная**, доцент кафедры химии и физико-химических методов исследования, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент  
marina.stalnaja@yandex.ru

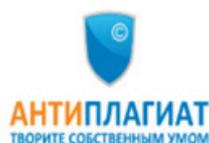
**Marina I. Stalnaja**, PhD (Agriculture), Associate Professor, the Department of Chemistry and Physical-Chemical Research Methods, FSBEI HE «Maikop State Technological University»  
marina.stalnaja@yandex.ru

**Наталья Олеговна Сичко**, доцент кафедры химии и физико-химических методов исследования, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет, кандидат педагогических наук, доцент  
sichko1971@mail.ru

**Natalya O. Sichko**, PhD (Pedagogics), Associate Professor, the Department of Chemistry and Physical-Chemical Research Methods, FSBEI HE «Maikop State Technological University»  
sichko1971@mail.ru

Поступила в редакцию 04.03.2024; поступила после рецензирования 16.04.2024; принята к публикации 17.04.2024

Received 04.03.2024; Revised 19.02.2024; Accepted 20.02.2024



*Научное издание*

Рецензируемый, реферируемый научный журнал «Новые технологии»  
Том 20. № 2. 2024

Издательство МГТУ

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

Подписано в печать 00.03.2024

Бумага Xerox Performer. Печать цифровая.

Гарнитура Times. Усл. п.л. 17,5. Формат 84x108 1/8. Тираж 500 экз. Заказ 18/2.

Отпечатано с готового оригинал-макета на участке оперативной полиграфии ИП Кучеренко В.О.  
385008, г. Майкоп, ул. Пионерская, 403/33.

Тел. для справок 8-928-470-36-87. E-mail: slv01.maykop.ru@gmail.com