

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

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

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ /
NEW TECHNOLOGIES**

Том 22, № 1, 2026

MAYKOP STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

**NEW TECHNOLOGIES /
NOVYE TEHNOLOGII**

Vol. 22, No.1, 2026

История издания журнала:	Журнал издается с 2005 года
Наименование:	Новые технологии/New Technologies Том 22 № 1 2026
Периодичность:	4 выпуска в год
Префикс DOI:	10.47370
ISSN: eISSN:	ISSN 2072-0920 (Print) ISSN 2713-0029 (Online)
Свидетельство о регистрации средства массовой информации:	Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство ПИ №ФС77-79835 от 31 декабря 2020
Условия распространения материалов:	Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License
Подписка на журнал «Новые технологии / New Technologies»:	Подписку на журнал «Новые технологии / New Technologies» можно оформить по индексу 65035 в электронном каталоге УРАЛ-ПРЕСС https://www.ural-press.ru/
Учредитель / издатель:	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» 385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191
Редакция:	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: nov_teh@mkgtu.ru https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/index
Типография:	Индивидуальный предприниматель Кучеренко Вячеслав Олегович 385008, г. Майкоп, ул. Пионерская, дом 403, офис 33 e-mail: slv01@yandex.ru
Дата выхода:	31.03.2026
Тираж:	500 экз.
Стоимость одного выпуска:	Цена свободная

Journal publishing history:	The journal has been published since 2005
Title:	New technologies / Novye tehnologii Volume 22 No.1, 2026
Frequency:	4 issues a year
DOI prefix:	10.47370
ISSN: eISSN:	2072-0920 (Print) 2713-0029 (Online)
Mass media registration certificate:	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
Content distribution terms:	Content is distributed under Creative Commons Attribution 4.0 License
Subscription to New technologies / Novye tehnologii journal:	Subscription to the «New Technologies» journal in the electronic catalog of the Ural Press under the 65035 index.
Founder/Publisher:	Maykop State Technological University 385000, Maykop, 191, Pervomayskaya str.
Editorial office:	Maykop State Technological University 385000, Maykop, 191, Pervomayskaya str. tel.: 8(8772)52 30 03 e-mail: nov_teh@mkgtu.ru https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/index
Printing house:	Kucherenko Vyacheslav Olegovich sole proprietorship 385008, Maykop, 403 Pionerskaya str., office 33 e-mail: slv01@yandex.ru
Publication date:	31.03.2026
Circulation:	500 copies
The cost of one issue:	Free price

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Научный журнал «Новые технологии / New technologies» ориентирован на освещение актуальных вопросов в области пищевой промышленности и сельского хозяйства. Журнал публикует результаты оригинальных исследований в сфере разработки современных технологий производства продовольственных продуктов, получения пищевых добавок и функциональных ингредиентов, а также перспективные исследования в области земледелия и растениеводства, селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений, садоводства и овощеводства и их применения в агропромышленном комплексе.

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

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

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

Заместитель главного редактора:

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

Научный редактор:

Юрий Иванович Сухоруких, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник кафедры экологии и защиты окружающей среды ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация

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, Российская Федерация)

Солтан Сосланбекович Басиев, доктор сельскохозяйственных наук (ФГБОУ ВО Горский ГАУ, Владикавказ, Российская Федерация)

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

Римма Шамсудиновна Заремук, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Российская Федерация)

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

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, Российская Федерация)

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

Константин Николаевич Кулик, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Российская Федерация)

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

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

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

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, Российская Федерация)

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, Российская Федерация)

Хазрет Русланович Сиюхов, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

Анзаур Адамович Схалыхов, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

Майя Юрьевна Тамова, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «КубГТУ», Краснодар, Российская Федерация)

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

Елена Владимировна Ульяновская, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Российская Федерация)

Зурет Нурбиевна Хатко, доктор технических наук, доцент (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

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, Российская Федерация)

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, Российская Федерация)

Aims and Scope

The scientific journal “Novye Tehnologii /New Technologies” aims to cover current issues in the Food industry and Agriculture. The Journal publishes the results of original research in the field of developing modern technologies for the production of food products, obtaining food additives and functional ingredients, as well as promising research in the field of Agriculture and Plant growing, Selection and Seed production of agricultural plants, Horticulture and Vegetable growing and their application in the Agro-industrial complex.

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

Editorial board:

Chief Editor:

Askhad Kh. Sheudzhen, Dr. Sci. (Biol.), Prof. (Kuban State Agrarian University, Krasnodar, the Russian Federation)

Deputy Chief Editor:

Tatyana A. Ovsyannikova, Dr. Sci. (Philosophy), Prof., Vice Rector for research and innovative development of MSTU (Maikop, the Russian Federation)

Scientific Editor:

Yury I. Sukhorukikh, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Leading Researcher of the Department of Ecology and Environmental Protection of MSTU (Maikop, the Russian Federation)

Lesik Y. Aiba, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Scientific Research Institute of Agriculture of the Academy of Sciences of Abkhazia, Sukhum, Abkhazia)

Irina A. Bandurko, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (MSTU, Maikop, the Russian Federation)

Soltan S. Basiev, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, the Russian Federation)

Elena P. Victorova, Dr. Sci. (Eng.), Prof. (Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products, Krasnodar, the Russian Federation)

Rimma S. Zaremuks, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Kuban State Agrarian University, Krasnodar, the Russian Federation)

Sergey V. Zelentsov, Dr. Sci. (Agr.), Corresponding Member of the RAS (Federal Scientific Center All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoit, Krasnodar, the Russian Federation)

Zakir A. Ibragimov, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Azerbaijan State Agrarian University, Ganja, The Azerbaijan Republic)

Dmitry A. Ivanov, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Corresponding member of the RAS (VNIIMZ – a branch of the Soil Science Institute named after V.V. Dokuchaev, the Tver region, the Russian Federation)

Nadezhda V. Kotsareva, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorin, the Belgorod region, the Russian Federation)

Konstantin N. Kulik, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Academician of the RAS (FSC of Agroecology of the RAS, Volgograd, the Russian Federation)

Vyacheslav M. Lukomets, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Academician of the Russian Academy of Sciences (National Grain Center named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar, the Russian Federation)

Lyudmila S. Malyukova, Dr. Sci. (Biol.), Prof. (All-Russian Scientific Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Sochi, the Russian Federation)

Markarth Gerhard Otto, Dr. Sci. (Nat), Prof., (Austrian Forestry Research Center, Vienna, Austria)

Rauch Hans Peter, Dr. Sci. (Nat), Prof. (Vienna University of Natural Resources and Applied Sciences, Vienna, Austria)

Alexey V. Ryndin, Dr. Sci. (Nat), Prof., Corresponding Member of the RAS (All-Russian Research Institute of Floriculture and Subtropical Crops, Sochi, the Russian Federation)

Saverio Mannino, Dr. Sci. (Chem.), Prof., Scientific Consultant in the field of Nanobiotechnology of Food industry (University of Milan and University of Balzano, Milan, Italy)

Aslan V. Satibalov, Dr. Sci. (Agr.) (The North Caucasian Research Institute of Mountain and Foothill Horticulture, Nalchik, the Russian Federation)

Khazret R. Siyukhov, Dr. Sci. (Eng.), Assoc.Prof. (MSTU, Maikop, the Russian Federation)

Anzaur A. Skhalyakhov Dr. Sci. (Eng.), Assoc.Prof. (MSTU, Maikop, the Russian Federation)

Maya Yu. Tamova Dr. Sci. (Eng.), Prof. (KubSTU, Krasnodar, the Russian Federation)

Victor I. Turusov, Dr. Sci. (Agr.), Academician of the RAS (Voronezh FACS named after V.V. Dokuchaev, the Voronezh region, the Russian Federation)

Elena V. Ulyanovskaya, Dr. Sci. (Agr.), (Federal State Budgetary Scientific Institution Federal State Budget Scientific Institution "North Caucasian Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making", the Russian Federation)

Zuret N. Khatko, Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof. (Maikop, the Russian Federation)

Henning Gunther, Dr. Sci. (Nat), Prof. (University of Applied Sciences, Dresden, Germany)

Sergey S. Chumakov, Dr. Sci. (Agr.), Prof. (Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, the Russian Federation)

Stangl Rosemarie, Dr. Sci. (Nat), Prof. (Vienna University of Natural Resources and Applied Sciences, Vienna, Austria)

Victor P. Yakushev, Dr. Sci. (Agr.), Prof., Academician of the RAS (Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, the Russian Federation)

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Быченкова В.В., Карманов И.А. Фудомика пищевых рационов детей с гиполактазией с учетом принципов синергии.....	10
Ермолина А.М., Новокшанова А.Л., Абабкова А.А. Влияние вводимого цитрата магния на реологические характеристики витаминизированного кисломолочного продукта с гречей и какао	23
Косенко И.С., Куцова А.Е., Дерканосова А.А., Алехина А.В., Смольский Г.М. Разработка и технология функциональных мясных продуктов геродиетической направленности на основе мяса водоплавающей птицы	36
Котвицкая Д.В., Першакова Т.В. Разработка способов нивелирования негативных эффектов при использовании пюре из сладкого перца в технологии зефира	51
Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Жила Н.О., Романенко Н.Ю., Калинина Н.С., Волков В.В. Ферментативное выделение и исследование жира из вторичного рыбного сырья для использования в биотехнологии	63
Некрасова С.О., Меретукова Ф.Н., Крутова А.В. Исследования и актуализация технологии смузи с использованием сока пророщенного зерна пшеницы и ржи	78
Сокол Н.В., Ревякина Н.А. Технологические решения по улучшению качества хлеба на основе пшенично-льняной смеси	92

Сельскохозяйственные науки

Басиев С.С., Цагараева Э.А., Цугкиева В.Б., Джиева Ц.Г., Царикаев З.А. Некоторые генетические аспекты повышения устойчивости картофеля к прорастанию.....	103
Батов А.С., Малюга А.А., Гуреева Ю.А., Рогалева К.А. Влияние приёмов интенсификации на морфометрические показатели сортов картофеля Сибирской селекции	116
Пех К.А., Мамсиров Н.И., Пех А.А., Дудиева Д.С. Структура урожая перспективных сортов сои в зависимости от плотности посева в условиях лесостепной зоны РСО-Алания	133
Стальная М.И., Сичко Н.О. Физико-химическое исследование накопления водорастворимых полисахаридов <i>Inula helenium</i> L. Северо-Кавказского региона	143

**Food systems and biotechnology of food
and bioactive substances**

Ermolina A.M., Novokshanova A.L., Ababkova A.A. The effect of introduced magnesium citrate on the rheological characteristics of a fortified fermented milk product with buckwheat and cocoa..... 10

Bychenkova V.V., Karmanov I.A. Foodomics based on synergy principles for children with lactose intolerance 23

Ermolina A.M., Novokshanova A.L., Ababkova A.A. The effect of introduced magnesium citrate on the rheological characteristics of a fortified fermented milk product with buckwheat and cocoa..... 36

Kotvitskaya D.V., Pershakova T.V. Development of methods for mitigating the negative effects of using sweet pepper puree in marshmallow production 51

Mezenova O. Ya., Agafonova S. V., Zhila N. O., Romanenko N. Yu., Kalinina N. S., Volkov V. V. Enzymatic isolation and investigation of oil from secondary fish raw materials for the use in biotechnology 63

Nekrasova S.O., Meretukova F.N., Krutova A.V. Research and development of smoothie technology using sprouted wheat and rye grain juice 78

Sokol N.V., Revyakina N.A. Technological solutions for improving bread quality using a wheat-flaxseed mixture 92

Agricultural sciences

Basiev S.S., Tsagaraeva E.A., Tsugkieva V.B., Dzhioeva Ts.G., Tsarikaev Z.A. Some genetic aspects of increasing potato sprout resistance 103

Batov A.S., Malyuga A.A., Gureeva Yu.A., Rogaleva K.A. The influence of intensification techniques on the morphometric parameters of Siberian potato varieties 116

Pekh K.A., Mamsirov N.I., Pekh A.A., Dudieva D.S. The yield structure of promising soybean varieties depending on the sowing density in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania 133

Stalnaya M.I., Sichko N.O. Physical and chemical research of the accumulation of Inula helenium L. water-soluble polysaccharides in the North Caucasus region..... 143

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-10-22>
УДК 613.22.03:637.345



Фудомика пищевых рационов детей с гиполактазией с учетом принципов синергии

В.В. Быченкова✉, И.А. Карманов

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»;
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,
✉valeriabichenkova@yandex.ru*

Аннотация. Введение Пищевая непереносимость является важной современной демографической проблемой, основной причиной которой является недостаток пищеварительных ферментов организма. Гиполактазия, или лактазная недостаточность, – заболевание, характерное для людей всех возрастных групп и требующее коррекции рациона питания в целях предотвращения алиментарно-зависимых заболеваний. Для решения данной проблемы предложено использование синергетического эффекта (синергизма) пищевых веществ – явления, при котором взаимодействие пищевых веществ приводит к усилению их специфических свойства, повышая эффективность усвоения в организме человека (биодоступность). **Объект и методы исследования.** Разработать 7-дневный рацион питания, удовлетворяющий принципам пищевой синергии, для ребенка, находящегося в условиях дневного пребывания в образовательном учреждении; дать характеристику обеспеченности рациона по основным пищевым веществам (белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные вещества). Разработка рациона питания велась через соответствующее программное обеспечение, согласно требованиям действующих санитарных правил в области детского питания. В качестве материалов исследований использованы научные источники информации, опубликованные в системах Elibrary.ru, PubMed, Google Patents, а также нормативные документы: СанПиН 2.3/2.4.3590-20, сборники рецептов. Для количественной оценки соответствия рациона санитарным требованиям использован метод интегрального сора. **Результаты и обсуждение.** Проанализированы существующие научные данные относительно синергетического эффекта между пищевыми веществами (нутриентами) и сформулированы принципы пищевой синергии; приведен перечень синергетических сочетаний. Разработан недельный рацион питания, удовлетворяющий потребностям детского организма в энергии и пищевых веществах. Количественно оценено влияние синергетического эффекта на концентрацию в сыворотке крови человека пищевых веществ: каротиноидов, йода, железа. **Заключение.** Результаты работы свидетельствуют о том, что для предотвращения дефицита нутриентов в питании детей с гиполактазией рекомендуется использовать принципы пищевой синергии при разработке рационов. Разработанный рацион может быть введен к использованию в питании детей в общеобразовательных учреждениях, предприятиях санаторно-курортного лечения.

Ключевые слова: питание, пищевая синергия, рацион питания, биодоступность, лактазная недостаточность, лактоза, Вижен Софт, пиперин, омиксные технологии, интегральный скор

Для цитирования: Быченкова В.В., Карманов И.А. Фудомика пищевых рационов детей с гиполактазией с учетом принципов синергии. *Новые технологии / New technologies.* 2026; 22 (1):10-22. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-10-22>

Финансирование. Научно-исследовательская работа по публикации статьи выполнена за счет личных средств авторов

Foodomics based on synergy principles for children with lactose intolerance

V.V. Bychenkova✉, I.A. Karmanov

*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University;
St. Petersburg, the Russian Federation,
✉valeriabichenkova@yandex.ru*

Abstract. Introduction. Food intolerance is a significant modern demographic problem, the main cause of which is a deficiency of digestive enzymes. Hypolactasia, or lactose deficiency, is a condition common to people of all ages and requires dietary adjustments to prevent nutrition-related diseases. To solve this problem, it is proposed to use the synergistic effect (synergism) of nutrients - a phenomenon in which the interaction of nutrients leads to an increase in their specific properties, increasing the efficiency of absorption in the human body (bioavailability). **The goal and methods of the research.** The goal of the research was to develop a 7-day diet that meets the principles of nutritional synergy for a child at an educational institution; to characterize the provision of the diet with essential nutrients (proteins, fats, carbohydrates, vitamins, minerals). The diet was developed using the appropriate software, according to the requirements of the current sanitary rules in the field of child nutrition. The research materials used were scientific sources of information published in Elibrary.ru, PubMed, Google Patents systems, as well as regulatory documents: SanPiN 2.3 / 2.4.3590-20, collections of recipes. The integral score method was used to quantitatively assess the compliance of the diet with sanitary requirements. **The results and discussion.** Existing scientific data on the synergistic effect between nutrients have been analyzed, and principles of nutritional synergy formulated; a list of synergistic combinations provided. A weekly diet has been developed that meets the child's energy and nutrient needs. The influence of the synergistic effect on serum concentrations of carotenoids, iodine, and iron has been quantitatively assessed. **Conclusion.** The results of the research indicate that to prevent nutrient deficiencies in the diets of children with hypolactasia, it is recommended to use the principles of nutritional synergy when developing diets. The developed diet can be introduced for use in children's nutrition in general education institutions and health resorts.

Keywords: nutrition, food synergy, diet, bioavailability, lactose deficiency, lactose, Vision Soft, piperine, omics technologies, integral score

For citation: Bychenkova V.V., Karmanov I.A. Foodomics based on synergy principles for children with lactose intolerance. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (1):10-22. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-10-22>

Funding. The research and publication of the article was funded by the authors

Введение. Множественность носителей генотипа гиполактазии среди восточных славян составляет более 40% [1], что, действительно, является важной медико-биологической и демографической проблемой. Данное расстройство может сопровождаться ярко выраженными симптомами, такими как боли в животе, метеоризм, диарея и иными. Тем временем, отказ от молочных продуктов способствует дефициту минеральных веществ, в особенности кальция. Недостаточное потребление кальция особенно выражено и опасно в детском возрасте [2, 3], так как сопровождается ухудшением строительства опорно-двигательного аппарата, развитием рахита и остеопороза [4]. Для устранения

сложности малого поступления в организм нутриентов применимо внедрение в рацион человека принципов теории пищевой синергии. Таким образом, используя данную теорию, можно добиться исключения недостатка нутриентов в рационе, предупреждение хронических заболеваний, поддержание гомеостаза организма.

Понятие пищевого синергизма было сформировано в начале XXI века, тем не менее принципиальные особенности данной концепции начали формирование в отдаленном прошлом [5]. Предполагается, что предшествующие современному человеку поколения формировали собственный рацион и демонстрировали специфическое пищевое поведение.

ние исходя из опыта употребления различных пищевых продуктов в многообразных сочетаниях, чтобы раскрыть их наибольшее положительное влияние на организм (укрепление опорно-двигательного аппарата, сохранение зрения). Таким образом зарождались первообразная медицина и лечебное питание [6].

Подробно представлено исследование синергии в продуктах растительного происхождения. К примеру, синергетический эффект плодов растений был выявлен между *Spirulina* sp. и плодами *Euterpe oleracea* (асаи), выражающийся в увеличении числа полифенольных соединений при совместном использовании в обогащении пищевых продуктов с высокой антиоксидантной способностью [7].

Вклад в развитие теории теории синергизма внес Дэвид Якобс младший (David R. Jacobs Jr.) [8]. В своем исследовании он анализирует структурные элементы цельных зерен злаковых культур, таких как отруби, зародыш и эндосперм, описывая их как комплекс фитохимических веществ, взаимодействующих между собой синергически. Исследователь обнаруживает, что употребление продукции с использованием нерафинированного (цельного) зерна может быть связано со снижением риска ишемической болезни сердца и диабета.

Примером явления синергии можно привести увеличение биодоступности железа из продуктов посредством добавления к при-

ёму пищи составляющих с содержанием аскорбиновой кислоты (витамина С). Аскорбиновая кислота препятствует окислению Fe^{2+} до Fe^{3+} , таким образом железо лучше всасывается в клетки кишечника [9, 10].

На основании полученных данных сформулированы основные принципы пищевой синергии:

а) совместное употребление определённых БАВ и нутриентов несёт сочетательный характер;

б) взаимодействие веществ приводит к улучшению усвояемости и биодоступности. В таблице 1 представлены основные синергетические сочетания. Таким образом, доказана польза концепции пищевой синергии для здоровья человека, и её принципы могут применяться в разработке пищевых рационов человека. Сформирована цель исследования – разработать сбалансированное семидневное меню для детей, посещающих образовательные учреждения в течение дня, с учетом принципов синергетического взаимодействия пищевых компонентов. Для достижения этой цели необходимо провести всесторонний анализ предложенного рациона, включающий оценку его соответствия установленным нормам потребления основных питательных веществ, таких как белки, жиры, углеводы, а также витамины и минералы. Это позволит провести объективную оценку питательной ценности предложенного меню и его влияния на здоровье детей.

Таблица 1. Ассортимент синергетических пар веществ
Table 1. Assortment of synergistic pairs of substances

Основное вещество	Вещество-синергист	Механизм действия	Пример сочетания продуктов	Источник
Железо	Аскорбиновая кислота (витамин С)	Аскорбиновая кислота препятствует окислению $Fe(2+)$ до $Fe(3+)$, таким образом железо лучше абсорбируется в клетки кишечника	Печень-лиственные овощи, свекла-лимонный сок, яйца-томаты	[9]
Менахинон (витамин K2)	Кальциферол (витамин D)	Витамин D способствует выработке витамин K-зависимых белков	Томаты-яйца, листовые овощи-сыр, лук-печень трески	[4]
Кальций	Магний	Магний регулирует минерализацию, способствует депонированию тяжелых металлов	орехи-семена, бобовые-говядина	[11]
Кальций	Бор	Сокращение потерь кальция с мочой; образующий фруктоборат кальция контролирует повреждение и воспаление тканей	белая рыба-гречиха, яйца-фасоль	[11]
Сульфорафан	Селен	Вещества улучшают общую антиоксидантную способность	брокколи-яйца, горчица-кукуруза	[12,13]
Куркумин	Пиперин	Улучшение биодоступности куркумина посредством улучшения кровообращения	куркума-черный перец	[14]

Окончание табл. 1/ end of table 1

Основное вещество	Вещество-синергист	Механизм действия	Пример сочетания продуктов	Источник
Триптофан	Глюкоза	Лучшее усвоение триптофана за счет повышения уровня глюкозы	мясо-мед, сыр-фрукты	[15]
Магний	Витамины группы В	Улучшение метаболических процессов, успокоительное действие	орехи-хлеб, овсянка-яблоки	[16]
Каротиноиды	Жиры	Растворение каротиноидов в жирах позволяет им лучше экстрагироваться из пищи	морковь-масло, томаты-свинина	[17]
МКБ	Пребиотики	Образование симбиотических комплексов, модулирующих лучшую работу ЖКТ	йогурт-банан, капуста квашеная-семена льна	[18]
Йод	Пребиотики	Улучшение выработки тиреотропных гормонов щитовидной железы	клюква-цикорий, печень трески-топинамбур	[19]
Витамин В12	Метионин	Витамин В12 активирует превращение гомоцистеина в метионин, выведение жиров печени и профилактика ее ожирения	яйца-мясо, шоколад-соевый творог	[20]
Холин	Метионин	Предотвращение нарушений обмена холестерина	орехи-зернобобовые, брокколи-птица	[20]
Жирорастворимые витамины	Жиры	Растворение веществ в жирах позволяет им лучше экстрагироваться из пищи	печень-сливочное масло, жирная рыба	[17]
Витамин Е	Аскорбиновая кислота (витамин С)/ убихинон Q10	Обезвреживание образуемых в ходе окислительных процессов радикалов α -токоферолов	орехи-лимон, курага-говядина	[21]
Железо	Ретинол (витамин А)	Прием витамина А может снизить риск анемии, повышая уровень гемоглобина и ферритина у людей с низким уровнем ретинола в сыворотке крови	печень-морковь, яблоко-абрикос	[22]
Железо	Кальция фосфат + витамин D	Повышение усвояемости пищевого железа, которое является фактором образования коллагена – структурного белка мышц и костей	крупы-орехи, хлеб-яйца, свекла-сыр без-лактозный	[11, 25]

Примечание. МКБ – молочнокислые бактерии

Объекты и методы исследования. Составление рациона производилось с помощью программного обеспечения «Вижент-Софт – Питание в школе 2020», а также сервиса «НИАП» ФГБУН «ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи» и «Нутриент Планнер». Нормативной базой при составлении рациона стали действующие санитарные правила¹, а именно сведения о рекомендуемой суточной потребности в пищевых веществах и распределении дневной калорийности между приемами пищи в условиях дневного пребывания ребенка в образовательном учреждении, представленные в форме таблиц 2 и 3 соответственно.

В соответствии с санитарными требованиями, в связи с отсутствием в разрабатываемом рационе молока и молочных продуктов

(в частности, творога), произведена замена по белку в виде использования сыра безлактозного, говядины 1 категории, рыбы, а также яиц.

Результаты исследования и их обсуждение. Для получения достаточной информации, возможности использования широкого спектра синергетических сочетаний и комплексной оценки разработка рациона велась на 7 дней. При составлении дневных рационов опирались на принцип полноценности питания, обеспечения пищевого разнообразия, включения большого количества овощей и блюд из них. При выборе конкретного блюда или кулинарного изделия были использованы сборники рецептур, а также авторские рецептуры, в том числе литературные источники по зарубежной кухне.

¹ СанПиН 2.3/2.4.3590-20 Санитарно-эпидемиологические требования к организации общественного питания населения.

¹ SanPiN 2.3/2.4.3590-20 Sanitary and Epidemiological Requirements for Public Catering of the Population.

Таблица 2. Суточная потребность детей 12 лет и старше в пищевых веществах, энергии, витаминах и минеральных веществах²

Table 2. Daily requirement of 12-year old and older children in nutrients, energy, vitamins and minerals²

Показатель	Потребность в сутки
Энергетическая ценность, ккал	2720
Белки, г	90
Жиры, г	92
Углеводы, г	383
Витамины	
В1, мг	70
С, мг	1,4
А, мг	0,9
Е, мг	10
Минеральные вещества	
Са, мг	1200
Mg, мг	300
Р, мг	1200
Fe, мг	18
Se, мг	0,05
I, мг	0,1

Таблица 3. Рекомендуемое распределение калорийности между приемами пищи²

Table 3. Recommended distribution of caloric content between meals²

Прием пищи	Доля суточной потребности в энергии, %
Завтрак / Breakfast	20-30
Обед / Lunch	35-40
Полдник / Snack	10-15
Ужин / Dinner	20-30
Итого / Total	100

Масса вносимого сырья в рецептуре выбранных блюд и продукции определялась с учетом среднесуточного набора продукции для организации питания детей от 7 до 18 лет. Блюда из красного мяса были включены в рацион не более 2 раз. Употребление рыбных и мясных блюд, богатых белком, в основном организовано в первую половину дня (завтрак, обед) для улучшения обмена веществ. Ограничено употребление сладостей и кондитерских изделий. В рацион введены орехи, сухофрукты, а также блюда и изделия из свежих и приготовленных плодов. В составе рациона предусмотрены напитки на растительной основе – «альтернативное молоко», произведенное из овса или миндаля, как наименее аллергенного сырья для детского питания. Разработанный рацион соответствует требованиям нормативной документации в части организации питания.

Стоит отметить, что для увеличения биодоступности многих из перечисленных выше веществ возможно добавление в рецептуру основных блюд молотого белого перца и сухого порошка куркумы (не более 0,2 г на прием пищи) в качестве антисептических, тонизирующих и стимулирующих кровообращение добавок [23].

Факт наличия в последнем приеме пищи (ужин) таких синергетических пар, как триптофан/глюкоза (птица и сладкий напиток) и магний/витамин В (орехи и рисовая крупа/картофель, тыква и хлебцы) обеспечивает седативное и расслабляющее действие на нервную систему, что способствует оптимальному и здоровому сну ребёнка [9].

Для обеспечения лучшей проходимости пищевого комка и эффективной всасываемости нутриентов в рацион питания включен напиток, роль которого также заключа-

² МР 2.3.1.0253–21. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации

² MR 2.3.1.0253-21. Nutritional hygiene. Rational nutrition. Norms of physiological needs in energy and food substances for different population groups of the Russian Federation

ется в алиментарном обогащении минерально-витаминным комплексом (компоты, кисели, напитки фруктовые). Эти напитки также учитываются в суточном питьевом режиме. Состав недельного рациона приведен в приложении А (табл.4).

Оценка полученного рациона производилась методом интегрального сора в программе Nutrient Planner. Допустимое отклонение от нормы и принималось равным 5%, причем как для отдельного дневного рациона, так и для всего недельного рациона в целом. Нутриентный состав рациона 1-го дня представлен в таблице 5, а всего рациона – в таблице 6.

Исходя из данных таблиц можно сделать вывод, что отклонение интегрального сора в рамках одного дня не превышает 5%, а в отношении всего рациона – не более 2,5%.

Для количественной характеристики влияния синергетического эффекта между нутриентами было проведено эмпирическое исследование, опирающееся на актуальные научные сведения о биодоступности таких пищевых веществ, как йод, каротиноиды и железо.

В соответствии с расчетами, в организм с пищей поступает 0,06 мг каротиноидов (в пересчете на β -форму), после полного усвоения предполагаемая концентрация

йода составляет 0,07 мкг/л. При совместном употреблении с пиперином, получаемом с черным перцем в расчете 0,05 г на 100 г основного горячего блюда, эффект синергизма выражен в виде увеличения концентрации йода до 0,1 мкг/л [19].

При потреблении с пищей (без учета синергетического эффекта) 16,17 мкг йода, определенного расчетным методом, предполагается сывороточная концентрация в 0,74 мкг/мл. С учетом синергетического эффекта с пребиотиком (олигофруктоза, инулин) концентрация должна повыситься до 0,77 мкг/л [24]. Данные по каротиноидам и йоду приведены на рисунке 1.

По расчету, с рационом поступает 18,2 мг железа. С учетом принципов биодоступности этого элемента (в негемовой форме) концентрация после потребления в сыворотке составит 18,8 мкмоль/л. Тем временем, в виде комплекса Fe-кальций фосфат-D3 биодоступность увеличится и составит 21,5 мкмоль/л [25]. Данные по кальцию представлены на рисунке 2.

Рисунки являются разработкой авторов и являются интерпретацией результатов клинических исследований *in vivo*, описанных в международных рецензируемых исследованиях относительно разработанного рациона.

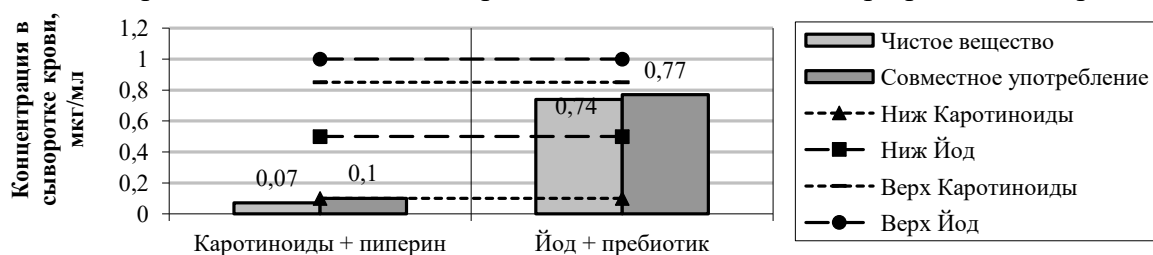


Рис. 1. Влияние синергетического эффекта на концентрацию йода и каротиноидов в сыворотке крови

Fig. 1. The effect of the synergistic effect on the concentration of iodine and carotenoids in blood serum

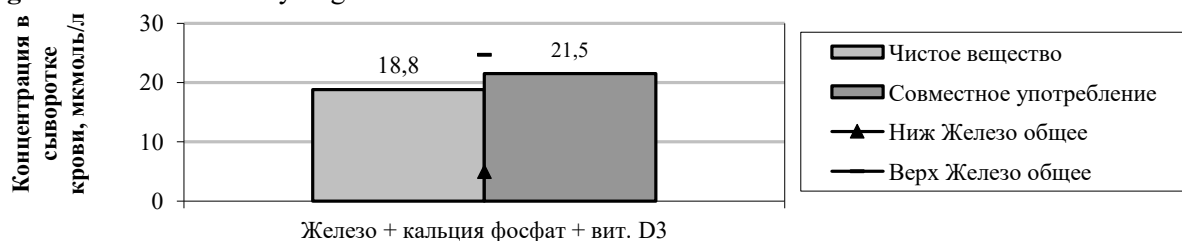


Рис. 2. Влияние синергетического эффекта на концентрацию общего железа в сыворотке крови

Fig. 2. The synergistic effect on iron concentration in blood serum

Таблица 4. Состав приёмов пищи 7-дневного рациона
Table 4. Composition of meals for a 7-day diet

Наименование дня рациона						
1	2	3	4	5	6	7
Приём пищи №1, завтрак						
Каша из смеси круп с черносливом	Сырники из соевого творога	Каша пшеничная на воде	Орех грецкий	Курага	Каша кукурузная на воде с куражумом	Блинчики на соевом молоке
Булочка пшеничная с повидлом	Грецкий орех	Груша	Яблоко, запечённое с мёдом	Каша манная на воде	Салат винегрет	Яблоко
Цикорий	Компот из сухофруктов	Булочка с изюмом	Морковные котлеты	Яйцо, сваренное вскрутую	Чай с лимоном	Чай с лимоном
		Чай с лимоном	Чай зелёный	Ягодный напиток с имбирем	Галета яблочная	
Приём пищи №2, обед						
Салат «Степной»	Суп-поре томатный	Салат-микс с цитрусовой заправкой	Салат «Витаминный»	Салат азиатский с морковью и огурцом	Щи с говяжьей	Салат из печеной свеклы
Щи зелёные	Чахохбили из курицы	Суп томатный с куриными фрикадельками	Суп-поре из картофеля с грибами	Суп-лапша с нежирной бараниной	Овощи припущенные	Морковный крем-суп
Рагу из овощей с фасолью	Капуста брокколи припущенная	Рисовая лапша	Хек запеченный	Перец, фаршированный курицей и овощами	Говядина отварная	Треска запечённая
Рис отварной	Булочка с маком	Курица в кисло-сладком соусе	Рис припущенный	Хлеб отрубной	Хлеб ржаной	Морковь-тушеная с зеленым горошком
Судак припущенный	Сок морковный	Хлеб овсяный	Сок яблочный	Чай с лимоном	Булочка с грушей и корицей	Печенье овсяное постное
Напиток брусничный	Напиток ягодный	Компот ягодный	Хлеб ржано-пшеничный	Напиток лимонный		Кисель яблочный
Булочка «К чаю»						Хлеб овсяный
Приём пищи №3, полдник						
Йогурт безлактозный с бананом	Сок яблочный	Бутерброд с отварным яйцом и соленой горбушей	Пирожок слоеный с безлактозным сыром	Хлеб пшеничный	Оладьи из овсяной муки с сыром	Пирог с капустой
Напиток лимонный	Булочка с темным шоколадом	Чай с лимоном	Пастила яблочная	Поре овощное	Цикорий на воде	Молоко овсяное
Яблоко				Сок апельсиновый		
				Печенье на растительном масле		
Приём пищи №4, ужин						
Котлеты рубленые из индейки	Пуддинг рисовый с яблоком	Рисовый салат с зеленью	Салат из огурцов	Пуддинг тыквенный	Салат из моркови с грецким орехом	Салат из помидоров и огурцов
Макаронные изделия отварные	Компот из сухофруктов	Баклажаны тушеные с фасолью	Котлета натуральная из мяса кур	Хлебцы ржаные	Плов с баклажаном	Котлеты рисовые
Булочка «К чаю»	Авокадо	Булочка с изюмом	Овощи тушеные в белом соусе	Чай травяной	Компот из сухофруктов	Пастила яблочная
Напиток брусничный	Хлебец рисовый	Компот из груши	Молоко миндальное			Чай с лимоном

Таблица 5. Нутриентный состав рациона 1-го дня
Table 5. Nutrient composition of the diet of day 1

Показатель	Приём пищи, состав				Кол-во за сутки	Суточная норма по СанПиН	Скор, %
	завтрак	обед	полдник	ужин			
Белки, г	11,5	36,2	20,6	19,9	88,2	90	98,0
Жиры, г	10,2	37,4	15,9	24,9	88,4	92	96,0
Углеводы, г	109,5	111,7	68,6	92,3	382,1	383	99,7
ЭЦ, ккал	577	929	529	674	2709	2720	99,6
В1, мг	0,5	0,6	0,1	0,2	1,4	1,4	100
С, мг	4,2	16,3	32,6	13,4	66,5	70	95,0
А, мг	0,1	0,6	0,2	0,0	0,9	0,9	100,0
Е, мг	1,8	7,0	0,7	0,9	10,4	10	104,0
Са, мг	383,4	363,9	360,0	106,5	1213,8	1200	101,0
Mg, мг	104,2	93	62,2	29,0	288,4	300	96,0
P, мг	248,8	435,6	278,9	184,3	1147,6	1200	95,6
Fe, мг	5,2	3,7	5,9	3,0	17,8	18	98,9

Примечание. ЭЦ – энергетическая ценность

Таблица 6. Оценка нутриентного состава 7-дневного рациона
Table 6. Evaluation of the nutrient composition of the 7-day diet

Показатель	Наименование дня рациона							Среднее за сутки	Норма	Скор, %
	1	2	3	4	5	6	7			
Белки, г	88,2	93,4	89	87,9	89,7	86,7	87,5	88,9±1,53	90	98,8
Жиры, г	88,4	87,3	93,9	94,8	92,1	96,3	96	92,6±2,93	92	100,7
Углеводы, г	382,1	376,6	370,4	367,1	371,5	382,6	365,7	373,7±5,8	383	97,5
ЭЦ, ккал	2708	2665	2727	2673	2717	2743	2676	2701±25,7	2720	99,3
В1, мг	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4	1,4	1,4	1,43±0,04	1,4	102,0
С, мг	66,5	72,3	73,1	67	73,1	73,3	70,7	70,8±2,39	70	101,2
А, мг	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	100,0
Е, мг	10,4	10,1	9,8	10,3	9,7	10,5	9,5	10,04±0,32	10	100,4
Са, мг	1213,8	1149	1140,6	1153,9	1179,1	1188,8	1178,8	1172±20,7	1200	97,7
Mg, мг	288,4	310,4	308,1	307,5	315	291,9	312,5	304,8±8,39	300	101,6
P, мг	1147,6	1167,5	1246	1222,2	1219	1193,3	1156,5	1193,2±30,8	1200	99,4
Fe, мг	17,8	18,9	17,9	18,8	17,4	18,6	18,3	18,2±0,47	18	101,1

Примечание. ЭЦ – энергетическая ценность

Из данных диаграмм можно сделать вывод, что усвояемость приведенных пищевых веществ происходит более эффективно под действием веществ-синергистов. Так, в сочетании «каротиноиды+пиперин» конечное содержание первых в сыворотке удовлетворяет нижнему референсному пределу (Ниж Каротиноиды), в отличие от самостоятельного употребления.

Заключение и выводы. Лактазная недостаточность является фактором риска для молодого организма. При пониженном потреблении молочных продуктов может наблюдаться сниженное поступление эссенциальных белков молока, кальция, магния, фосфора, сопровождающееся снижением иммунитета, нарушениями образования костной и соединительной ткани. Разрабо-

танный в работе рацион направлен на восполнение утрачиваемых полезных качеств лактозосодержащей диеты. Особое значение уделено таким синергетическим сочетаниям как «кальций+железо» (поддержка костной и мышечной ткани), «кальций+магний» и «кальций+бор» (фактор минерализации костей). Данные сочетания являются актуальными в сфере лекарственных препаратов кальция и могут быть эффективны так и в случае натуральной пищи. Приведённые синергисты имеют место в каждом дне рациона питания. В среднем, вклад синергии оценивается в увеличении биодоступности веществ в 1,04-1,42 раза, что в перспективе может быть доказано проведением клинических исследований усвояемости нутриентов после употребления описанной диеты.

Результат работы (рацион) удовлетворяет показателям нутриентного состава, установленным настоящими санитарно-гигиеническими требованиями в сфере питания детей и принципам пищевой синергии. Разработанный рацион в перспективе может использо-

ваться на предприятиях школьного, социального и санаторно-курортного питания. Результаты исследования дают новый взгляд на проблему пищевой непереносимости и представляют собой несомненный вклад в развитие детской нутрициологии.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lactase deficiency in Russia: multiethnic genetic study / Kovalenko E. [et al.] // *Eur. J. Clin. Nutr.* 2023. Vol. 77, No. 8. P. 803-810. EDN: <https://elibrary.ru/bdyfuz>. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41430-023-01294-8>.
2. Тутельян В.А., Никитюк Д.Б. Ключевые проблемы в структуре потребления пищевой продукции и прорывные технологии оптимизации питания для здоровьесбережения населения России // *Вопросы питания.* 2024. Т. 93, № 1. С. 6-21. EDN: <https://elibrary.ru/xcdqzj>. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21>.
3. Некрасова А.И., Быченкова В.В., Сафонова Э.Э. Основные методы диетотерапии при лактазной недостаточности у детей // *Здоровое питание и нутриционная поддержка: медицина, образование, инновационные технологии: сборник материалов XVIII Всероссийского форума (Санкт-Петербург, 10-11 нояб. 2023 г.).* СПб.: Союз педиатров России. 2023. С. 44-45. EDN: <https://elibrary.ru/xdvqqq>.
4. The Synergistic Interplay between Vitamins D and K for Bone and Cardiovascular Health: A Narrative Review / Van Ballegooijen A.J. [et al.] // *Hindawi International Journal of Endocrinology.* 2017. Vol. 2017. P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/7454376>.
5. Акашева Д.У., Драпкина О.М. Средиземноморская диета: история, основные компоненты, доказательства пользы и возможность применения в российской реальности // *РФК.* 2020. Т. 16, № 2. С. 307-316. EDN: <https://elibrary.ru/vfpxrl>. DOI: <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2020-04-03>.
6. Куковякин С.А., Куковякина Е.С., Куковякина Н.Д. Использование средств растительного происхождения для лечения в первобытную Древнего Мира // *Вятский медицинский вестник.* 2019. № 4. С. 89-91. EDN: <https://elibrary.ru/qvpsla>. DOI: <https://doi.org/10.24411/2220-7880-2019-10018>.
7. Nutritional and functional synergism of Spirulina and açai mixtures in gummy candies / Paternina L.P.R. [et al.] // *Discov. Food.* 2024. Vol. 4, No. 98. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00142-3>.
8. Jacobs D.R.Jr., Steffen L.M. Nutrients, foods, and dietary patterns as exposures in research: a framework for food synergy // *Am. J. Clin. Nutr.* 2003. Vol. 78, No. 3. P. 508-513. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.508S>.
9. Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods / Piskin E [et al.] // *ACS Omega.* 2022. Vol. 24, No. 7. P. 20441-20456. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01833>.
10. Effect of ascorbic acid rich, micro-nutrient fortified supplement on the iron bioavailability of ferric pyrophosphate from a milk based beverage in Indian school children / Pauline M. [et al.] // *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 2018. Vol. 27, No. 4. P. 792-796. <https://doi.org/10.6133/apjcn.092017.07>.
11. Громова О.А., Торшин И.Ю., Лиманова О.А. Кальций и его синергисты в поддержке структуры соединительной и костной ткани // *Лечащий врач.* 2014. № 5. С. 69-74.
12. The Antioxidant Properties of Organosulfur Compounds (Sulforaphane) / de Figueiredo S.M. [et al.] // *Recent Patents on Endocrine, Metabolic & Immune Drug Discovery.* 2015. Vol. 9, No. 1. P. 24-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1872214809666150505164138>.

13. Экологическая безопасность сырья для получения функциональных пищевых продуктов и ее гормональная регуляция / Казахмедов Р.Э. [и др.] // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2021. № 3. С. 176-187. EDN: <https://elibrary.ru/omuzsm>. DOI: <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.233>.
14. Адекватные и клинически эффективные уровни потребления куркумина / Коденцова В.М. [и др.] // *Вопросы питания*. 2022. Т. 91, № 5. С. 6-15. EDN: <https://elibrary.ru/uhatlk>. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-6-15>.
15. St-Onge M.P., Zuraikat F.M., Neilson M. Exploring the Role of Dairy Products In Sleep Quality: From Population Studies to Mechanistic Evaluations // *Adv Nutr*. 2023. Vol. 14, No. 2. С. 283-294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.01.004>.
16. Superiority of magnesium and vitamin B6 over magnesium alone on severe stress in healthy adults with low magnesemia: A randomized, single-blind clinical trial / Pouteau E. [et al.] // *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13, No. 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208454>.
17. Henaо-Ardila A., Quintanilla-Carvajal M.X., Moreno F.L. Emulsification and stabilisation technologies used for the inclusion of lipophilic functional ingredients in food systems // *Heliyon*. 2024. Vol. 10, No. 11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32150>.
18. Исследование взаимоотношений индигенных и транзиторных микроорганизмов в смешанной культуре на среде с пребиотиком / Евдокимова С.А. [и др.] // *Вестник Казанского технологического университета*. 2016. № 15. С. 165-169. EDN: <https://elibrary.ru/uhatlk>.
19. Витаминно-минеральное средство: порошок для приготовления раствора для внутреннего применения [Электронный ресурс]: патент № 2484828 Рос. Федерация, МПК А61К 31/7016, А61К 31/375, А61К 31/355, А61К 9/14, А61К 9/08, А23L 1/304, А23L 1/302, А61P 1/00; № 2012114329, заявл. 11.04.2012, опубл. 20.06.2013 / Филимонова А.В., Гаврилов А.С., Шпейт Э.Р.; заявитель Филимонова А.В., Гаврилов А.С., Шпейт Э.Р. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2484828C1/ru> (дата обращения 13.11.2024).
20. О возможности использования пищевого продукта на основе молозива для диетического профилактического питания работающих во вредных условиях труда (обзор литературы) / Кузьмин С.В. [и др.] // *Гигиена и санитария*. 2022. Т. 101, № 4. С. 412-417. EDN: <https://elibrary.ru/iddndh>. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-412-417>.
21. Витаминотерапия и витаминпрофилактика сердечно-сосудистых заболеваний / Максимов М.Л. [и др.] // *Sciences of Europe*. 2020. No. 58-2 (58). С. 34-36. EDN: <https://elibrary.ru/eqjjnm>.
22. da Cunha M.S.B., Campos Hankins N.A., Arruda S.F. Effect of vitamin A supplementation on iron status in humans: A systematic review and meta-analysis // *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2019. Vol. 59, No. 11. P. 1767-1781. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1427552>.
23. The effect of curcumin-piperine supplementation on lipid profile, glycemic index, inflammation, and blood pressure in patients with type 2 diabetes mellitus and hypertriglyceridemia / Hosseini H. [et al.] // *Phytother Res*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.8304>.
24. Use of piperine to increase the bioavailability of nutritional compounds [Electronic resource]: US Patent 005536506A, A61F 2/02, A61F6/06, A61K 9/70, A61 K9/48: №393738: Filled 24.02.1995: Published 16.07.1996 / Majeed M., Badmaev V., Ragendran R.; current assignee Sami Chemicals and Extracts Ltd. URL: <https://patents.google.com/patent/US5536506A/en> (дата обращения 13.11.2024).
25. Effect of calcium phosphate and vitamin D₃ supplementation on bone remodelling and metabolism of calcium, phosphorus, magnesium and iron / Trautvetter U. [et al.] // *Nutr J*. 2014. Vol. 13, No. 6. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-6>.

REFERENCES

1. Lactase deficiency in Russia: a multiethnic genetic study / Kovalenko E. [et al.] // *Eur. J. Clin. Nutr*. 2023. Vol. 77, No. 8. P. 803-810. EDN: <https://elibrary.ru/bdyfuz>. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41430-023-01294-8>.
2. Tutelyan V.A., Nikityuk, D.B. Key issues in the structure of food consumption and breakthrough technologies for nutrition optimization to preserve the health of the Russian population // *Nutrition Issues*. 2024. Vol. 93, No. 1. P. 6-21. EDN: <https://elibrary.ru/xcdqzj>. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21>. [In Russ.]

3. Nekrasova A.I., Bychenkova, V.V., Safonova, E.E. Basic methods of diet therapy for lactose deficiency in children // *Healthy nutrition and nutritional support: medicine, education, innovative technologies: collection of materials from the XVIII All-Russian Forum (St. Petersburg, November 10-11, 2023)*. SPb.: Union of Pediatricians of Russia. 2023. P. 44-45. EDN: <https://elibrary.ru/xdvqqq>. [In Russ.]
4. The Synergistic Interplay between Vitamins D and K for Bone and Cardiovascular Health: A Narrative Review / Van Ballegooijen A.J. [et al.] // *Hindawi International Journal of Endocrinology*. 2017. Vol. 2017. P. 1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2017/7454376>.
5. Akasheva D.U., Drapkina, O.M. The mediterranean diet: history, main components, evidence of benefits and the possibility of application in Russian reality // *RFK*. 2020. Vol. 16, No. 2. P. 307-316. EDN: <https://elibrary.ru/vfpxrl>. DOI: <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2020-04-03>. [In Russ.]
6. Kukovyakin S.A., Kukovyakina, E.S., Kukovyakina, N.D. The use of herbal remedies for treatment in the prehistoric era of the Ancient World // *Vyatka Medical Bulletin*. 2019. No. 4. pp. 89-91. EDN: <https://elibrary.ru/qvpsla>. DOI: <https://doi.org/10.24411/2220-7880-2019-10018>. [In Russ.]
7. Nutritional and functional synergism of Spirulina and açai mixtures in gummy candies / Paternina L.P.R. [et al.] // *Discov. Food*. 2024. Vol. 4, No. 98. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00142-3>.
8. Jacobs D.R.Jr., Steffen L.M. Nutrients, foods, and dietary patterns as exposures in research: a framework for food synergy // *Am. J. Clin. Nutr.* 2003. Vol. 78, No. 3. P. 508-513. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.508S>.
9. Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods / Piskin E [et al.] // *ACS Omega*. 2022. Vol. 24, No. 7. P. 20441-20456. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01833>.
10. Effect of ascorbic acid-rich, micronutrient-fortified supplement on the iron bioavailability of ferric pyrophosphate from a milk-based beverage in Indian school children / Pauline M. [et al.] // *Asia Pac. J. Clin. Nutr.* 2018. Vol. 27, No. 4. P. 792-796. <https://doi.org/10.6133/apjcn.092017.07>.
11. Gromova O.A., Torshin, I.Yu., Limanova, O.A. Calcium and its synergists in supporting the structure of connective and bone tissue // *Doctor*. 2014. No. 5. P. 69-74. [In Russ.]
12. The Antioxidant Properties of Organosulfur Compounds (Sulforaphane) / de Figueiredo S.M. [et al.] // *Recent Patents on Endocrine, Metabolic & Immune Drug Discovery*. 2015. Vol. 9, No. 1. P. 24-39. DOI: <http://dx.doi.org/10.2174/1872214809666150505164138>.
13. Environmental safety of raw materials for the production of functional food products and its hormonal regulation / Kazakhmedov R.E. [et al.] // *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2021. No. 3. P. 176-187. EDN: <https://elibrary.ru/omuzsm>. DOI: <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.233>. [In Russ.]
14. Adequate and Clinically Effective Levels of Curcumin Intake / Kodentsova V.M. [et al.] // *Vo-prosy pitaniya*. 2022. Vol. 91, No. 5. P. 6-15. EDN: <https://elibrary.ru/uhatlk>. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-5-6-15>. [In Russ.]
15. St-Onge M.P., Zuraikat F.M., Neilson M. Exploring the Role of Dairy Products In Sleep Quality: From Population Studies to Mechanistic Evaluations // *Adv Nutr.* 2023. Vol. 14, No. 2. pp. 283-294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advnut.2023.01.004>.
16. Superiority of magnesium and vitamin B6 over magnesium alone on severe stress in healthy adults with low magnesemia: A randomized, single-blind clinical trial / Pouteau E. [et al.] // *PLoS ONE*. 2018. Vol. 13, No. 12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208454>.
17. Henao-Ardila A., Quintanilla-Carvajal M.X., Moreno F.L. Emulsification and stabilization technologies used for the inclusion of lipophilic functional ingredients in food systems // *Heliyon*. 2024. Vol. 10, No. 11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32150>.
18. Study of the relationships between indigenous and transient microorganisms in a mixed culture on a medium with a prebiotic / Evdokimova S.A. [et al.] // *Bulletin of the Kazan Technological University*. 2016. No. 15. P. 165-169. EDN: <https://elibrary.ru/uhatlk>. [In Russ.]
19. Vitamin and mineral product: powder for the preparation of a solution for internal use [Electronic resource]: patent No. 2484828 the Russ. Federation, IPC A61K 31/7016, A61K 31/375, A61K 31/355, A61K 9/14, A61K 9/08, A23L 1/304, A23L 1/302, A61P 1/00; No. 2012114329, declared 11.04.2012, published 20.06.2013 / Filimonova A.V., Gavrilov A.S., Shpeyt E.R.; applicant Filimonova A.V., Gavrilov A.S., Shpeyt E.R. URL: <https://patents.google.com/patent/RU2484828C1/ru> (accessed on 13.11.2024). [In Russ.]

20. On the possibility of using a colostrum-based food product for dietary preventive nutrition of workers in harmful working conditions (literature review) / Kuzmin S.V. [et al.] // Hygiene and Sanitation. 2022. Vol. 101, No. 4. P. 412-417. EDN: <https://elibrary.ru/iddndh>. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-4-412-417>. [In Russ.]

21. Vitamin therapy and vitamin prevention of cardiovascular diseases / Maksimov M.L. [et al.] // Sciences of Europe. 2020. No. 58-2 (58). P. 34-36. EDN: <https://elibrary.ru/eqjjnm>.

22. da Cunha M.S.B., Campos Hankins N.A., Arruda S.F. Effect of vitamin A supplementation on iron status in humans: A systematic review and meta-analysis // Crit Rev Food Sci Nutr. 2019. Vol. 59, No. 11. P. 1767-1781. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1427552>.

23. Bagherniya M., Sahebkar A., Iraj B., Majeed M., Askari G. The effect of curcumin-piperine supplementation on lipid profile, glycemic index, inflammation, and blood pressure in patients with type 2 diabetes mellitus and hypertriglyceridemia / Hosseini H. [et al.] // Phytother Res. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.8304>.

24. Use of piperine to increase the bioavailability of nutritional compounds [Electronic resource]: US Patent 005536506A, A61F 2/02, A61F6/06, A61K 9/70, A61 K9/48.: No. 393738: Filled 02/24/1995: Published 07/16/1996 / Majeed M., Badmaev V., Ragendran R.; current assignee Sami Chemicals and Extracts Ltd. URL: <https://patents.google.com/patent/US5536506A/en> (accessed 11/13/2024).

25. Effect of calcium phosphate and vitamin D3 supplementation on bone remodeling and metabolism of calcium, phosphorus, magnesium and iron / Trautvetter U. [et al.] // Nutr J. 2014. Vol. 13, No. 6. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-6>.

Информация об авторах / Information about the authors

Быченкова Валерия Владимировна, кандидат технических наук, доцент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 194021, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Новороссийская улица, д. 48, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4807-1612>, e-mail: valeriabichenkova@yandex.ru

Карманов Иларион Андреевич, бакалавр, студент Высшей школы биотехнологий и пищевых производств, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; 194021, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, Новороссийская улица, д. 48, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9497-9039>, e-mail: karma-cook@yandex.ru

Valeria V. Vychenkova, PhD (Engineering), Associate Professor, Higher School of Biotechnology and Food Production, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 194021, the Russian Federation, St. Petersburg, 48 Novorossiyskaya Street, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4807-1612>, e-mail: valeriabichenkova@yandex.ru

Iarion A. Karmanov, Bachelor's degree student, Higher School of Biotechnology and Food Production, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 194021, the Russian Federation, St. Petersburg, 48 Novorossiyskaya Street, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9497-9039>, e-mail: karma-cook@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Быченкова Валерия Владимировна – создание концепции, научное руководство, обеспечение ресурсами.

Карманов Иларион Андреевич – работа с литературой, анализ и обобщение результатов.

Claimed contribution of the authors

Valeria V. Bychenkova – concept development, scientific supervision, and resource provision.

Parion A. Karmanov – literature review, analysis, and summary of the results.

Поступила в редакцию 17.12.2025

Поступила после рецензирования 02.02.2026

Принята к публикации 04.02.2026

Received 17.12.2025

Revised 02.02.2026

Accepted 04.02.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-23-35>

УДК 637.146:[633.12+663.91]



Влияние вводимого цитрата магния на реологические характеристики витаминизированного кисломолочного продукта с гречей и какао

А.М. Ермолина¹, А.Л. Новокшанова✉², А.А. Абабкова¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»; г. Вологда, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; г. Москва, Российская Федерация, ✉novokshanova@ion.ru

Аннотация. Введение. Сердечно-сосудистые заболевания представляют собой значимую проблему здравоохранения. Разработка специализированных пищевых продуктов является перспективным направлением в профилактике данных заболеваний. **Цель исследования.** Целью настоящего исследования являлось изучение влияния различных концентраций цитрата магния на реологические характеристики специализированного кисломолочного продукта с добавлением гречневой муки и какао, а также оценка их влияния на структурно-механические свойства продукта. **Объекты и методы исследования.** Проведены исследования образцов с содержанием магния на уровне 20%, 60% и 100% от рекомендуемой нормы потребления. Методами реологического анализа определены динамическая вязкость, синерезис, структурная прочность и тиксотропные свойства продукта. **Результаты и обсуждение.** Установлено, что добавление цитрата магния в количестве 20% от рекомендуемой нормы потребления обеспечивает оптимальные реологические характеристики продукта. При увеличении концентрации магния до 60–100% наблюдается значительное повышение вязкости и усиление синерезиса. Показано, что цитрат магния в исследованных концентрациях не влияет на органолептические показатели продукта. Выявлено, что активная кислотность опытных образцов не зависит от добавления цитрата магния. Во всех вариантах значения рН остаются сопоставимыми с контрольными образцами и неизменными после семи суток холодильного хранения. **Заключение.** Определен оптимальный уровень внесения цитрата магния (20 % от АУП), обеспечивающий стабильные реологические характеристики продукта при сохранении его потребительских свойств. Результаты исследования имеют практическое значение для разработки специализированного пищевого продукта для лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Ключевые слова: специализированный пищевой продукт, сердечно-сосудистые заболевания, реологические характеристики, обезжиренное молоко, пахта, гречневая мука, какао, цитрат магния, динамическая вязкость, синерезис

Для цитирования: Ермолина А.М., Новокшанова А.Л., Абабкова А.А. Влияние вводимого цитрата магния на реологические характеристики витаминизированного кисломолочного продукта с гречей и какао. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22(1):23-35. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-23-35>

Финансирование. Материал подготовлен в рамках Государственного задания FGMP-2025-0014

The effect of introduced magnesium citrate on the rheological characteristics of a fortified fermented milk product with buckwheat and cocoa

A.M. Ermolina¹, A.L. Novokshanova✉², A.A. Ababkova¹

¹*Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin;
Vologda, the Russian Federation*

²*Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology, and Food Safety;
Moscow, the Russian Federation,
✉novokshanova@ion.ru*

Abstract. Introduction. Cardiovascular diseases are a significant public health problem. The development of specialized food products is a promising area for the prevention of these diseases. **The goal of the research** was to investigate the effect of various concentrations of magnesium citrate on the rheological characteristics of a specialized fermented milk product with buckwheat flour and cocoa, as well as to evaluate their influence on the structural and mechanical properties of the product. **The objects and methods of the research.** Samples with a magnesium content of 20%, 60% and 100% of the recommended intake were studied. Rheological analysis methods were used to determine the dynamic viscosity, syneresis, structural strength and thixotropic properties of the product. **The results and discussion.** It has been found that the addition of magnesium citrate in an amount of 20% of the recommended intake provides optimal rheological properties of the product. With an increase in the magnesium concentration to 60–100%, a significant increase in viscosity and an increase in syneresis are observed. It is shown that magnesium citrate in the studied concentrations does not affect the organoleptic properties of the product. It has been found that the active acidity of the test samples does not depend on the addition of magnesium citrate. In all variants, pH values remained comparable to the control samples and unchanged after seven days of refrigerated storage. **Conclusion.** The optimal magnesium citrate addition level (20% of the recommended daily intake) has been determined, ensuring stable rheological characteristics of the product while maintaining its consumer properties. The research results have practical implications for the development of a specialized food product for individuals with cardiovascular diseases.

Keywords: specialized food product, cardiovascular diseases, rheological properties, skim milk, buttermilk, buckwheat flour, cocoa, magnesium citrate, dynamic viscosity, syneresis

For citation: Ermolina A.M., Novokshanova A.L., Ababkova A.A. The effect of introduced magnesium citrate on the rheological characteristics of a fortified fermented milk product with buckwheat and cocoa. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22(1):23-35. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-23-35>

Funding. The material was prepared within the State Assignment FGMF-2025-0014

Введение. Существует множество причин, способных привести к развитию алиментарно-зависимых заболеваний. К ним относятся не только избыточные или дефицитные диеты, но и длительное соблюдение однообразных рационов, не обеспечивающих сбалансированное поступление необходимых макро- и микронутриентов. Заболевания сердечно-сосудистой системы являются основной причиной смертности во всем мире. В 2019 году от них умерло 17,9 миллионов человек, что составляет 32 % от всех случаев смерти. В России, по данным Росстата, ежегодно 38 % от всех случаев

смерти приходится на сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ). Несмотря на то, что через 25 лет прогнозируется почти двукратный рост этих заболеваний в мире, большие надежды возлагаются на превентивные мероприятия, поскольку хорошо известно об их эффективности в предупреждении развития ССЗ [1, с. 73, 2, с. 61].

Комплексный подход, включающий контроль поведенческих аспектов и диагностических показателей, доказывает, что ССЗ и гипертензия в значительной степени поддаются профилактике. Одним из наиболее эффективных мер профилактики и лече-

ния ССЗ общепризнано питание пациентов [3, с. 12]. При этом в формировании рациона пациентов с ССЗ большое значение имеют специализированные пищевые продукты. Их особенность заключается в установлении требований к составу и включении функциональных пищевых ингредиентов.

С целью создания специализированного пищевого продукта для профилактики и лечения пациентов с ССЗ на основе анализа научной литературы и патентных материалов разработано медико-биологическое обоснование состава продукта. В результате признано целесообразным за основу принять низкожирное молочное сырье, поскольку в ряде исследований показано улучшение метаболического статуса пациентов после употребления нежирных молочных продуктов. Например, в исследовании Conway V. et al. [4, с. 1259-1260], молочные продукты с пониженной жирностью способствовали снижению уровня общего холестерина в крови, уменьшению концентрации липопротеинов низкой плотности (ЛПНП) и снижению уровня триглицеридов в крови. При этом было показано, что эффект от употребления низкожирного молочного сырья может быть сопоставим с действием растительных стеролов, традиционно используемых для коррекции липидного профиля.

Согласно медико-биологическому обоснованию в качестве функциональных пищевых ингредиентов необходимо использовать комплекс витаминов: D₃ [5, с. 7], B₅ [6, с. 2], B₆ [7, с. 10], B₉ [8, с. 802], B₁₂ [9, с. 183], К [10, с. 171] и магний [11, с. 11]. Из перечня солей, допустимых к использованию в специализированной пищевой продукции, выбран цитрат магния, поскольку он известен способностью стабилизировать системы на основе молока [12, с. 2].

Также принято решение об использовании пробиотических микроорганизмов, способствующих улучшению состава кишечной микробиоты. Положительное влияние пробиотиков проявляется через увеличение количества полезных бактерий, сни-

жение числа патогенных микроорганизмов, улучшение барьерной функции кишечника, нормализацию выработки короткоцепочечных жирных кислот [13, с. 7; 14, с. 6-7].

В качестве дополнительного ингредиента, который может быть полезен при нормализации рационов пациентов с ССЗ, использована мука гречи. Она способствует снижению уровня триглицеридов в сыворотке крови и печени, уменьшению общего холестерина, понижению уровня сахара и артериального давления в крови, усилению антиоксидантной активности сыворотки крови [15, с. 54].

С точки зрения производственных процессов, следует учитывать влияние вводимых ингредиентов на технологические показатели пищевой системы. Из литературных данных [16, с. 7] известно, что добавление гречневой муки в молочное сырье повлияло на структуру кисломолочного продукта. При добавлении гречневой муки наблюдалось значительное увеличение вязкости продукта, что авторы объяснили улучшением структуры казеинового геля, увеличением влагоудерживающей способности и подавлением отделения сыворотки. Кроме того, в этом же исследовании на фоне усиления активности микроорганизмов закваски происходило повышение кислотности продукта в результате накопления органических кислот и образования метаболитов. Таким образом, гречневая мука в составе молочного продукта оказывала положительное влияние на рост молочнокислых бактерий и улучшение выживаемости пробиотических культур.

В качестве вкусо-ароматических наполнителей в составе разрабатываемого продукта использовали какао и сахарозу.

Цель данного этапа работы включала исследование реологических характеристик продукта в зависимости от количества в них цитрата магния.

Задачи работы включали:

– подготовку и сквашивание молочных смесей с функциональными пищевыми ингредиентами;

– оценку потребительских свойств образцов после сквашивания и после хранения;

– исследование реологических показателей образцов после сквашивания и после хранения.

Изучение реологических свойств продукта обусловлено необходимостью определения оптимального баланса между функциональной эффективностью магния и технологическими характеристиками системы. Важным аспектом стало прогнозирование поведения продукта при различных концентрациях цитрата магния, поскольку влияние данного биологически активного ингредиента могло существенно отразиться на стабильности структуры готового продукта, в том числе в процессе его хранения. Это имеет принципиальное значение для успешного внедрения разработки в промышленное производство, где продукт подвергается разнообразным производственным операциям: от перемешивания и перекачивания до формирования однородной консистенции. Стабильность структуры выступает одним из ключевых факторов, определяющих качество конечного продукта и возможность его масштабирования в производственных условиях.

Объекты и методы исследования.

Обезжиренное молоко и пахту получали на АО «Учебно-опытный молочный завод» Вологодской государственной молочнохозяйственной академии им. Н.В. Верещагина». В работе также использовали:

– муку из зеленой гречи по нормативной документации производителя (ООО «Агрокомбинат Тамбовкрахмал»);

– какао-порошок алкализированный по нормативной документации производителя (INDCRE S.A., Испания);

– сахар белый по ГОСТ 32222-2015.

Для заквашивания использовали комбинацию чистых культур: термофильный стрептококк (St-Body-1, Chr. Hansen) и бифидобактерии «Бифилайф Форте» (*Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*, *Bifidobacterium longum*

ssp. *longum*, *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium adolescentis*, ООО «Бифилайф»).

В качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе модельных смесей использовали комплекс витаминов и соль магния. Премикс в виде сухого порошка содержал витамины D₃ (холекальциферол), B₅ (ниацин), B₆ (пиридоксин), B₉ (фолиевая кислота), B₁₂ (цианкобаламин), K (филлохинон). Премикс вносили в таком количестве, чтобы в порции продукта массой 200 г содержание всех витаминов, за исключением витамина K, составляло 200 % от суточного адекватного уровня потребления (АУП). Количество витамина K в такой же порции составляло 50 % от АУП, что отвечало рекомендованному соотношению с холекальциферолом.

В качестве источника магния использована соль лимонной кислоты – двухосновный цитрат магния (C₆H₆O₇Mg). Ранее было установлено, что эта соль магния не оказывала отрицательного влияния на вкусовые качества молочного сырья. Рекомендуемый уровень суточного потребления магния составляет 400 мг [17, с. 24]. В специализированных пищевых продуктах для взрослых также установлен и верхний допустимый уровень потребления магния – 800 мг в сутки [18, с. 389]. В работе исследованы три опытных варианта модельных смесей с разным содержанием магния, составляющим 20, 60 и 100 % АУП.

Образцы готовили согласно рецептуре из обезжиренного молока и пахты при их соотношении 1:1. Далее в молочное сырье добавляли сухие ингредиенты: муку зеленой гречи, какао и сахар. При этом доля немолочных компонентов составляла 10 %. Сухие ингредиенты вносили постепенно при постоянном перемешивании для предотвращения образования комков. В подготовленную смесь при температуре (50±2) °C вносили, непрерывно помешивая, витаминный премикс и соль магния. Температура (50±2) °C обеспечивала оптимальное растворение сухих компонентов

без денатурации белков. Далее образцы пастеризовали с выдержкой 10 с при (92 ± 2) °С для уничтожения посторонней микрофлоры и охлаждали до температуры заквашивания (37 ± 2) °С. Скваживание продолжали при этой температуре в течение 12 часов. В процессе сквашивания происходило формирование сгустка и накопление молочной кислоты.

Контролем служили образцы без витаминного премикса и соли магния.

Органолептическим методом (ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011) оценивали вкус, консистенцию и внешний вид образцов путем балльной оценки [19, с. 2-6]. Для определения содержания витаминов и магния в готовом продукте использовали расчетный метод. Активную кислотность определяли потенциометрическим методом [20, с. 2-7]. Измерения проводили с использованием рН-метра с погрешностью не более 0,01 рН.

Реологические характеристики молочных сгустков анализировали на ротационном вискозиметре «Реотест-2.1» с использованием измерительного устройства S_1 .

Динамическую вязкость вычисляли по формуле (1):

$$\eta_{эф} = \frac{\tau}{\gamma} \quad (1)$$

где $\eta_{эф}$ — динамическая вязкость (Па·с);

τ — напряжение сдвига (Па);

γ — градиент скорости сдвига (c^{-1}).

Устойчивость структуры к разрушению и тиксотропному восстановлению после механической нагрузки определяли путем воздействия однородного поля сдвига при постоянной скорости сдвига в течение 2 мин. После этого сгусток оставляли в покое на 15 минут для восстановления структуры и снова производили измерения.

Потерю вязкости вычисляли по формуле (2):

$$P_{\eta} = \frac{\eta_n - \eta_p}{\eta} \cdot 100 \quad (2)$$

где P_{η} — потеря вязкости, мПа·с;

η_n — динамическая вязкость до разрушения структуры, мПа·с;

η_p — динамическая вязкость после разрушения структуры, мПа·с.

Восстановление структуры рассчитывали по формуле (3):

$$B_{\eta} = \frac{\eta_v}{\eta_n} \cdot 100 \quad (3)$$

где η_n — начальная вязкость, мПа·с (первое измерение);

η_p — вязкость максимально разрушенной структуры (через 120 с измерений);

η_v — вязкость восстановленной структуры (через 15 мин восстановления).

Устойчивость систем к синерезису определяли путем центрифугирования сгустков в течение 10 минут с частотой оборотов 1000 оборотов в минуту при 20 °С. Методика центрифугирования включала следующие этапы: отбор аликвоты продукта объемом 10 см³, помещение образца в центрифужную пробирку вместимостью 15 см³ и проведение центрифугирования. Далее рассчитывали долю дисперсионной среды, отделившейся после центрифугирования от начального объема сгустка.

Контрольные и опытные образцы исследовали сразу после сквашивания и через семь суток холодильного хранения при (4 ± 2) °С.

Эксперимент выполнен в трехкратной повторности. Для вычисления среднего значения (М) и стандартного отклонения (σ) использовали пакет статистических программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Учитывая массовую долю магния, составляющую 11,3% в $C_6H_6O_7Mg$, навеска, обеспечивающая 20% магния от АУП в 100 г продукта, составляла 0,706 г. Для обеспечения 60% и 100% магния от АУП в 100 г продукта навеска цитрата магния равнялась, соответственно, 2,118 и 3,53 г.

Сразу после сквашивания и хранения все образцы имели кисломолочный вкус и запах с выраженным привкусом какао и не интенсивным привкусом гречи, а также цвет какао с молоком. Консистенция образцов была вязкой, но в образце с максимальным содержанием $C_6H_6O_7Mg$ более плотной, чем в остальных. При визуальном осмотре выявлено отделение дисперсион-

ной среды в количестве 15-20 % от объема всех систем, и после сквашивания, и после хранения. После перемешивания консистенция образцов становилась однородной. Результаты измерения динамической вязкости представлены на рисунке 1.

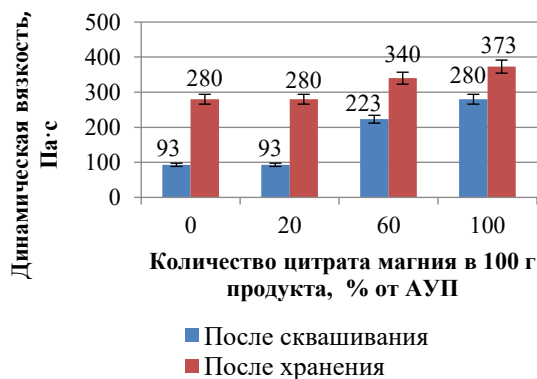


Рис. 1. Динамическая вязкость образцов (вертикальные планки – допустимые отклонения измерений с учетом статистической погрешности в 5 %)

Fig. 1. Dynamic viscosity of samples (vertical bars represent permissible measurement deviations, taking into account a statistical error of 5%)

Из полученных данных следует, что при минимальной концентрации соли в образцах, составляющей 20 % от АУП, динамическая вязкость систем была такой же, как и в контроле. Сгустки, содержащие цитрат магния в количестве 60 % и 100 % от АУП, были значительно гуще. Их динамическая вязкость сразу после сквашивания от двух до трех раз больше, чем в контрольных образцах (рис. 1).

В условиях эксперимента динамическая вязкость систем возрастала в процессе хра-

нения. На рисунке 1 показано, что после хранения вязкость всех проб увеличилась. При этом в образцах с минимальной концентрацией соли, составляющей 20% от АУП, увеличение вязкости достоверно не отличалось от образцов контрольного варианта. В образцах, содержащих цитрат магния в количестве 100% от АУП, вязкость была больше, чем в контроле, и больше, чем при содержании цитрата магния 60% от АУП.

Активная кислотность опытных образцов не зависела от добавления цитрата магния. Во всех вариантах значения реакции среды были сопоставимыми с контрольными образцами и оставались неизменными после семи суток холодильного хранения (табл. 1).

Отделение дисперсионной среды после центрифугирования было значительным и в свежеработанных образцах, и после хранения в холодильнике, но уровни синерезиса в опытных образцах были выше, чем в контрольных (табл. 1). Также прослеживалась положительная тенденция увеличения отделения дисперсионной среды в зависимости от концентрации соли в системе.

Показатели структурной прочности образцов представлены на рисунке 2. Из этих данных очевидно, что в свежих образцах меньшая потеря вязкости была характерна для контрольного варианта. В условиях эксперимента разрушение структуры сгустков, оцениваемое как потеря вязкости (рис. 2а), сразу после сквашивания положительно коррелировало с количеством цитрата магния в системе.

Таблица 1. Активная кислотность и уровень синерезиса образцов в зависимости от содержания в них цитрата магния

Table 1. Active acidity and syneresis level of samples, depending on their magnesium citrate content

Количество магния в образцах, % от АУП	Активная кислотность, единицы рН		Доля дисперсионной среды, отделившейся после центрифугирования, % от начального объема сгустка	
	После сквашивания	После хранения	После сквашивания	После хранения
0 (контроль)	4,41±0,04	4,39±0,04	44,47±0,36	54,47±0,36
20	4,43±0,03	4,41±0,03	48,90±0,35	56,73±0,46
60	4,45±0,04	4,42±0,03	51,13±0,32	56,77±0,43
100	4,45±0,04	4,43±0,04	55,60±0,28	57,80±0,35

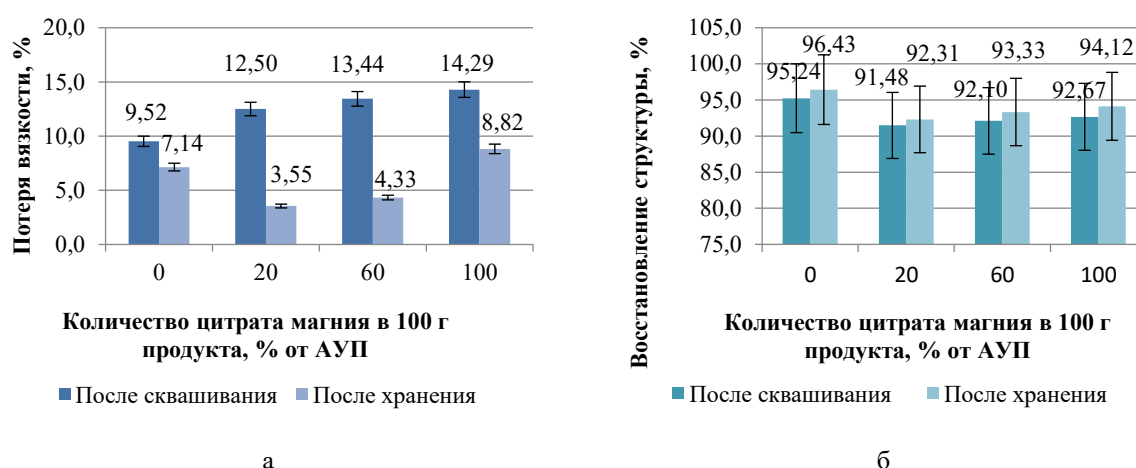


Рис. 2. Физико-механические показатели образцов: а – потеря вязкости; б – восстановление структуры (вертикальные планки – допустимые отклонения измерений с учетом статистической погрешности в 5 %)

Fig. 2. Physical and mechanical properties of the samples: a – loss of viscosity; b – restoration of structure (vertical bars – permissible measurement deviations taking into account a statistical error of 5%)

После хранения потери вязкости во всех вариантах снизились по сравнению с исходными показателями. Такой результат можно рассматривать как следствие физико-химических процессов, протекающих на поверхностях гидроколлоидов молочного сырья, гречи и какао в ходе продолжающегося молочнокислого процесса. При этом потери вязкости в образцах, содержащих цитрат магния в количестве 20 % от АУП, были минимальными. Следовательно, такое количество цитрата магния для исследованного соотношения ингредиентов можно признать оптимальным.

Наблюдаемые отличия между контрольными и опытными вариантами в восстановлении структуры после механического разрушения нельзя признать достоверными, поскольку относительные ошибки выходили за пределы 95 % доверительного интервала (рис. 2б).

Обсуждение. После введения многих функциональных пищевых ингредиентов в основное сырье, особенно молочное, часто наблюдают изменение органолептических характеристик и ряда физико-химических показателей. В данной работе цитрат магния не оказал влияния на вкусовые свойства образцов, но вызвал изменение вязкости и

прочностных характеристик кисломолочных сгустков. Несомненно, это является результатом изменения солевого баланса в молочном сырье.

В свежем молоке нативные соли, такие как хлориды, фосфаты, цитраты и бикарбонаты натрия, калия, кальция и магния, создают ионную силу в среднем 0,1-0,2 моль/л [21, с. 4441; 22, с. 707-708; 23, с. 942]. Одновалентные ионы типа Na^+ , K^+ , и Cl^- практически полностью присутствуют в свободной ионизированной форме. Мультивалентные катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} существуют преимущественно в виде комплексов, в которые входят значительное количество цитратов кальция и магния и меньшее количество $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ [24, с. 4-6]. По размерам комплексы молочных солей соответствуют диапазону от ультрафильтруемых форм, которые представлены свободными ионами и ионными комплексами, до коллоидов, которые участвуют в формировании структуры казеиновых мицелл [25, с. 8]. Коллоидные формы молочных солей связываются с молочными белками как в виде отдельных ионов, так и в виде комплексных структур казеиновых мицелл. Эти взаимодействия влияют на стабильность и функциональ-

ные свойства молочных белков, так что соли молока очень важны для общих свойств молочных продуктов.

В литературе наиболее подробно описаны изменения солевого баланса молока, вызванные добавлением кальция [26, с.678-681]. Например, после добавления 10 мМ хлорида кальция к молоку около 80 % этого иона связывалось с мицеллами казеина. Параллельно наблюдалось перемещение неорганических фосфат- и цитрат-ионов из диффузионной фракции в мицеллярную структуру. В результате мицеллы казеина сильно модифицировались: например, их дзета-потенциал и гидратация снизились, что, как следствие, привело к снижению их термической стабильности [27, с. 53-55]. В то же время из литературных данных известно, что добавление фосфатов и цитратов изменяет солевой баланс в жидких молочных продуктах путем образования комплексов с ионами кальция и магния из казеина. Этот механизм еще до конца не ясен, но в зависимости от типа и концентрации вносимой соли система молочных белков может стабилизироваться, дестабилизироваться или образовывать гель [12, с. 2-3, 10-11, 14-15].

Содержание цитратов в цельном молоке колеблется в диапазоне от 0,171 до 0,198 г/100 мл, а солей магния – от 0,011 до 0,014 г/100 мл [23, с. 942-951]. В свежем молоке преобладают ультрафильтруемые формы, а доля коллоидных форм всех цитратов и солей магния составляет соответственно 6 и 36% [21, с. 4442-4445].

В условиях эксперимента масса добавленного цитрата магния была до нескольких раз больше естественного содержания этих солей в молоке и колебалась в диапазоне от 0,706 до 3,53 г/100 мл. При такой концентрации соли теоретически расчетное увеличение ионной силы молочного сырья при минимальной и максимальной концентрации цитрата магния в эксперименте будет возрастать на 0,043 и 0,214 ммоль/л соответственно.

По полученным данным можно предположить, что в результате возросшей ионной силы раствора произошло изменение соотношения между водной и коллоидной фазами солей молочного сырья в пользу мицеллярной составляющей. На это одновременно указывают несколько данных. Во-первых, увеличение динамической вязкости образцов, содержащих цитрат магния в количестве 60 и 100% от АУП, в сравнении с образцами, где количество добавленной соли было меньше (рис. 1). Как известно, на вязкость молочного сырья значительно влияет объемная доля казеина, которая зависит от степени его гидратации и ионного окружения. Хотя в условиях эксперимента молекулярный механизм этого эффекта не выяснен, можно предположить, что коллоидный цитрат магния усиливал межмолекулярные взаимодействия казеиновых мицелл и способствовал увеличению вязкости. Во-вторых, увеличение доли отделившейся сыворотки в опытных сквашенных образцах в сравнении с контрольными (табл. 1) свидетельствует о том, что дисперсионная среда слабо удерживалась белками, возможно, именно потому, что большая часть добавленного цитрата магния была связана с белками. В-третьих, достоверное увеличение потерь вязкости в свежих и хранившихся опытных образцах после снятия механической нагрузки доказывает, что исследованные концентрации цитрата магния привели к модификации казеиновых мицелл в сравнении с контрольным вариантом (рис. 2б).

Заключение. Использованием органолептического метода, исследованием физико-химических и физико-механических показателей выявлено влияние добавленного цитрата магния на реологические характеристики молочно-растительных систем в зависимости от количества добавленного цитрата магния. По совокупности полученных данных меньшие изменения реакции среды, динамической вязкости, величины синерезиса и потери вязкости в

образцах кисломолочного продукта с гречей и какао наблюдали при добавлении цитрата магния в количестве 20 % от АУП.

Умеренное повышение динамической вязкости, минимальное отделение сыворотки и низкие показатели потери вязкости при 20 % от АУП обеспечивают однородную консистенцию продукта, стабильность при хранении и удобство потребления продукта. Такие факторы, как чрезмерное увеличение вязкости, повышенный синерезис и высокие показатели потери вязкости при 60-100 % от АУП, негативно влияют на технологичность производства и потребительские характеристики продукта. Продукт становится чрезмерно густым, что может потребовать переоснаще-

ния технологической линии. В частности, возникают серьезные сложности на различных этапах производства, таких как перемешивание, перекачивание, фасовка и дозирование продукта. Структура продукта при высоких концентрациях цитрата магния становится нестабильной, что приводит к потере однородности и риску расслоения. Отделение сыворотки при повышенном синерезисе значительно ухудшает товарный вид продукта, делая его менее привлекательным для потребителя.

Результаты исследования представляют практический интерес при разработке обогащенных и специализированных пищевых продуктов.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оганов Р.Г., Шальнова С.А., Масленникова Г.Я. Эпидемиология и профилактика сердечно-сосудистых заболеваний [Электронный ресурс] // Кардиология: Новости. Мнения. Обучение. 2025. № 1 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologiya-i-profilaktika-serdechno-sosudistyh-zabolevaniy> (дата обращения: 11.12.2025).
2. Якшина А.Д. Сердечно-сосудистые заболевания в России: обзор статистики [Электронный ресурс] // Наука через призму времени. 2024. № 1 (82). URL: <https://naupri.ru/default/Naupri01-82-24.pdf> (дата обращения: 11.12.2025).
3. Роль питания в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний [Электронный ресурс] / Барбараш О.Л [и др.]. 2019. № 10 (165). С. 11-15. DOI: 10.31550/1727-2378-2019-165-10-11-15. URL: https://journaldoctor.ru/upload/iblock/aef/2_The_Role_of_Diet_in_the_Prevention_of_Cardiovascular_Disease.pdf (дата обращения: 11.12.2025).
4. Impact of buttermilk consumption on plasma lipids and surrogate markers of cholesterol homeostasis in men and women / Conway V. [et al.] // *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2013. Vol. 23, No. 12. P. 1255-62. doi: 10.1016/j.numecd.2013.03.003. Epub 2013 Jun 17. PMID: 23786821.
5. Combined 25-hydroxyvitamin D concentrations and physical activity on mortality in US stroke survivors: findings from the NHANES [Electronic resource] / Liao J. [et al.] // *Nutr J*. 2025. Vol. 24, No. 5. URL: <https://doi.org/10.1186/s12937-025-01076-x> (дата обращения: 11.12.2025).
6. Niacin intake and mortality (total and cardiovascular disease) in patients with cardiovascular disease: Insights from NHANES 2003-2018 [Electronic resource] / Yang R. [et al.] // *Nutr J*. 2024. Vol. 23. P. 123. URL: <https://doi.org/10.1186/s12937-024-01027-y> (дата обращения: 11.12.2025).
7. Associations of serum vitamin B₆ status with the risks of cardiovascular, cancer, and all-cause mortality in the elderly / Wang Pengxi [et al.] // *Frontiers in Immunology*. 2024. Vol. 15. DOI=10.3389/fimmu.2024.1354958
8. Folate Biomarkers, Folate Intake, and Risk of Death From All Causes, Cardiovascular Disease, and Cancer: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies

[Electronic resource] / Melika Fallah [et al.] // Nutrition Reviews. 2025. Vol. 83, Iss. 3. P. e801-e813. URL: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae077> (дата обращения: 11.12.2025).

9. Prevalence of Functional Cobalamin Deficiency and Relevant Mortality Risk in the General Population: An Unheeded Phenotype Distinct from Cobalamin Deficiency [Electronic resource] / Liu Y [et al.] // Journal of the American Nutrition Association. 2024. Vol. 44, No. 3. P. 181-189. URL: <https://doi.org/10.1080/27697061.2024.2412594> (дата обращения: 11.12.2025).

10. Higher vitamin K1 intakes are associated with lower subclinical atherosclerosis and lower risk for atherosclerotic vascular disease-related outcomes in older women [Electronic resource] / Dupuy M. [et al.] // Eur J Nutr 64. 2025. Vol. 171. URL: <https://doi.org/10.1007/s00394-025-03686-x> (дата обращения: 11.12.2025).

11. Associations between nine dietary minerals intake and all-cause mortality in individuals with atherosclerotic cardiovascular disease / Duan Chenglin [et al.] // Frontiers in Nutrition. 2024. Vol. 11. DOI=10.3389/fnut.2024.1447167.

12. Mark Fenelon, Laura G. Gómez-Mascaraque, Thom Huppertz, Influence of citrate- and phosphate-based calcium sequestering salts on the disruption of casein micelles / Gaurav Kr Deshwal [et al.] // Food Hydrocolloids. 2024. Vol. 153. P. 109970 ISSN 0268-005X. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.109970> (дата обращения: 22.12.2025).

13. Review of the relationships among polysaccharides, gut microbiota, and human health / Song Q. [et al.] // Food Res Int. 2021. Vol. 140. P. 109858. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109858. Epub 2020 Nov 2. PMID: 33648176.

14. Strategies to Assess the Impact of Sustainable Functional Food Ingredients on Gut Microbiota / de Carvalho N.M. [et al.] // Foods. 2023. Vol. 31, No. 12(11). P. 0253045.

15. Comparison of milling fractions of tartary buckwheat for their phenolics and antioxidant properties [Electronic resource] / Guo X.D. [et al.] // Food Res Int. 2012. Vol. 49, No. 1. P. 53-59. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.019> (дата обращения: 11.12.2025).

16. The Improvement of Sensory and Bioactive Properties of Yogurt with the Introduction of Tartary Buckwheat [Electronic resource] / Ye Y. [et al.] // Foods. 2022. Vol. 11, No. 12. P. 1774. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11121774> (дата обращения: 11.12.2025).

17. ТР ТС 022/2011 Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» [Электронный ресурс]: принят Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 09 октября 2013 года № 67. URL: <http://www.tsouz.ru/db/techreglam/Documents/TrTsPishevkaMarkirovka.pdf> (дата обращения: 23.12.2025).

18. Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к продукции (товарам), подлежащей санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) [Электронный ресурс]: утверждены решением Комиссии Таможенного союза № 299 от 28 мая 2010 г. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902249109> (дата обращения: 23.12.2025).

19. ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011. Молоко и молочные продукты. Органолептический анализ. Ч. 3. Руководство по оценке соответствия техническим условиям на продукцию для определения органолептических свойств путем подсчета баллов [Электронный ресурс]. М.: Стандартинформ, 2012. 8 с. URL: <https://meganorm.ru/Data/512/51241.pdf> (дата обращения: 23.12.2025).

20. ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности (с поправками) [Электронный ресурс]. М.: Стандартинформ, 2015. 10 с. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293768/4293768145.pdf> (дата обращения: 23.12.2025).

21. Mekmene O, Le Graët Y, Gaucheron F. Theoretical model for calculating ionic equilibria in milk as a function of pH: comparison to experiment // J Agric Food Chem. 2010. Vol. 58, No. 7. P. 4440-7. doi: 10.1021/jf903628r. PMID: 20225854.

22. Modelling ion composition in simulated milk ultrafiltrate (SMUF) II. Influence of pH, ionic strength and polyphosphates / Gao R. [et al.] // Food Chemistry. 2010. Vol. 122. P. 710-715.

23. Bauland J., Gaucheron F., Croguennec T. Milk salt composition, distribution and analysis // In Encyclopedia of Dairy Sciences. 2022. Vol. 3. P. 941-953.

24. Renhe I.R.T., Indris L.M, Corredig M. Effect of calcium chelators on heat stability and heat-induced changes of milk microfiltered concentrates [Electronic resource] // *International Dairy Journal*. 2018. Vol. 82. P. 4-10. ISSN 0958-6946. URL: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.02.009> (дата обращения: 23.12.2025).

25. Review on the Effect of Calcium Sequestering Salts on Casein Micelles: From Model Milk Protein Systems to Processed Cheese / Deshwal G.K. [et al.] // *Molecules*. 2023. Vol. 28, No. 5. P. 2085. doi: 10.3390/molecules28052085. PMID: 36903331; PMCID: PMC10004449.

26. Philippe M., Le Graët Y., Gaucheron F. The effects of different cations on the physicochemical characteristics of casein micelles [Electronic resource] // *Food Chemistry*. 2005. Vol. 90, Iss. 4. P. 673-683. ISSN 0308-8146. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.001> (дата обращения: 23.12.2025).

27. Physicochemical characterization of calcium-supplemented skim milk [Electronic resource] / Philippe M. [et al.] // *Le Lait*. 2003. Vol. 83, No. 1. P. 45-59. URL: <https://hal.science/hal-00895357/document> (дата обращения: 23.12.2025).

REFERENCES

1. Oganov R.G., Shalnova S.A., Maslennikova G.Ya. Epidemiology and prevention of cardiovascular diseases [Electronic resource] // *Cardiology: News. Opinions. Training*. 2025. No. 1 (40). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/epidemiologiya-i-profilaktika-serdechno-sosudistyh-zabolevaniy> (date of access: 11.12.2025). [In Russ.]

2. Yakshina A.D. Cardiovascular diseases in Russia: a statistical review [Electronic resource] // *Science through the Prism of Time*. 2024. No. 1 (82). URL: <https://naupri.ru/default/Naupri01-82-24.pdf> (date of access: 11.12.2025). [In Russ.]

3. The role of nutrition in the prevention of cardiovascular diseases [Electronic resource] / Barbarash O.L. [et al.]. 2019. No. 10 (165). P. 11-15. DOI: 10.31550/1727-2378-2019-165-10-11-15. URL: https://journaldoctor.ru/upload/iblock/aef/2_The_Role_of_Diet_in_the_Prevention_of_Cardiovascular_Disease.pdf (accessed: 11.12.2025). [In Russ.]

4. Impact of buttermilk consumption on plasma lipids and surrogate markers of cholesterol homeostasis in men and women / Conway V. [et al.] // *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2013. Vol. 23, No. 12. P. 1255-62. doi: 10.1016/j.numecd.2013.03.003. Epub 2013 Jun 17. PMID: 23786821.

5. Combined 25-hydroxyvitamin D concentrations and physical activity on mortality in US stroke survivors: findings from the NHANES [Electronic resource] / Liao J. [et al.] // *Nutr J*. 2025. Vol. 24, No. 5. URL: <https://doi.org/10.1186/s12937-025-01076-x> (access date: 12/11/2025).

6. Niacin intake and mortality (total and cardiovascular disease) in patients with cardiovascular disease: Insights from NHANES 2003-2018 [Electronic resource] / Yang R. [et al.] // *Nutr J*. 2024. Vol. 23. P. 123. URL: <https://doi.org/10.1186/s12937-024-01027-y> (access date: 12/11/2025).

7. Associations of serum vitamin B6 status with the risks of cardiovascular, cancer, and all-cause mortality in the elderly / Wang Pengxi [et al.] // *Frontiers in Immunology*. 2024. Vol. 15. DOI=10.3389/fimmu.2024.1354958

8. Folate Biomarkers, Folate Intake, and Risk of Death From All Causes, Cardiovascular Disease, and Cancer: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies [Electronic resource] / Melika Fallah [et al.] // *Nutrition Reviews*. 2025. Vol. 83, Iss. 3. P. e801-e813. URL: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae077> (access date: 12/11/2025).

9. Prevalence of Functional Cobalamin Deficiency and Relevant Mortality Risk in the General Population: An Unheeded Phenotype Distinct from Cobalamin Deficiency [Electronic resource] / Liu Y [et al.] // *Journal of the American Nutrition Association*. 2024. Vol. 44, No. 3. P. 181-189. URL: <https://doi.org/10.1080/27697061.2024.2412594> (access date: 12/11/2025).

10. Higher vitamin K1 intakes are associated with lower subclinical atherosclerosis and lower risk for atherosclerotic vascular disease-related outcomes in older women [Electronic resource] / Dupuy M. [et al.] // *Eur J Nutr* 64. 2025. Vol. 171. URL: <https://doi.org/10.1007/s00394-025-03686-x> (access date: 12/11/2025).

11. Associations between nine dietary minerals intake and all-cause mortality in individuals with atherosclerotic cardiovascular disease / Duan Chenglin [et al.] // *Frontiers in Nutrition*. 2024. Vol. 11. DOI=10.3389/fnut.2024.1447167
12. Mark Fenelon, Laura G. Gómez-Mascaraque, Thom Huppertz, Influence of citrate- and phosphate-based calcium sequestering salts on the disruption of casein micelles / Gaurav Kr Deshwal [et al.] // *Food Hydrocolloids*. 2024. Vol. 153. P. 109970 ISSN 0268-005X. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.109970> (access date: 12/22/2025).
13. Review of the relationships among polysaccharides, gut microbiota, and human health / Song Q. [et al.] // *Food Res Int*. 2021. Vol. 140. P. 109858. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109858. Epub 2020 Nov 2. PMID: 33648176.
14. Strategies to Assess the Impact of Sustainable Functional Food Ingredients on Gut Microbiota / de Carvalho N.M. [et al.] // *Foods*. 2023. Vol. 31, No. 12 (11). P. 0253045.
15. Comparison of milling fractions of tartary buckwheat for their phenolics and antioxidant properties [Electronic resource] / Guo X.D. [et al.] // *Food Res Int*. 2012. Vol. 49, No. 1. P. 53-59. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.019> (access date: 12/11/2025).
16. The Improvement of Sensory and Bioactive Properties of Yogurt with the Introduction of Tartary Buckwheat [Electronic resource] / Ye Y. [et al.] // *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 12. P. 1774. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11121774> (accessed: 11.12.2025).
17. TR CU 022/2011 Technical Regulations of the Customs Union “Food Products in Terms of Their Labeling” [Electronic resource]: adopted by the Decision of the Council of the Eurasian Economic Commission dated October 9, 2013, No. 67. URL: <http://www.tsouz.ru/db/techreglam/Documents/TrTsP-ishevkaMarkirovka.pdf> (date of access: 23.12.2025). [In Russ.]
18. Uniform Sanitary-Epidemiological and Hygienic Requirements for Products (Goods) Subject to Sanitary-Epidemiological Supervision (Control) [Electronic resource]: approved By Decision of the Customs Union Commission No. 299 of May 28, 2010. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/902249109> (date of access: December 23, 2025).
19. GOST R ISO 22935-3-2011. Milk and dairy products. Sensory analysis. Part 3. Guidelines for assessing conformity with product specifications for determining organoleptic properties by scoring [Electronic resource]. Moscow: Standartinform, 2012. 8 p. Available at: <https://megainform.ru/Data/512/51241.pdf> (date of access: December 23, 2025).
20. GOST 32892-2014 Milk and dairy products. Method for measuring active acidity (with amendments) [Electronic resource]. Moscow: Standartinform, 2015. 10 p. URL: <https://megainform.ru/Data2/1/4293768/4293768145.pdf> (date of access: 23.12.2025).
21. Mekmene O, Le Graët Y, Gaucheron F. Theoretical model for calculating ionic equilibria in milk as a function of pH: comparison to experiment // *J Agric Food Chem*. 2010. Vol. 58, No. 7. P. 4440-7. doi: 10.1021/jf903628r. PMID: 20225854.
22. Modeling ion composition in simulated milk ultrafiltrate (SMUF) II. Influence of pH, ionic strength and polyphosphates / Gao R. [et al.] // *Food Chemistry*. 2010. Vol. 122. P. 710-715.
23. Bauland J., Gaucheron F., Croguennec T. Milk salt composition, distribution and analysis // In *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2022. Vol. 3. P. 941-953.
24. Renhe I.R.T., Indris L.M., Corredig M. Effect of calcium chelators on heat stability and heat-induced changes in milk microfiltered concentrates [Electronic resource] // *International Dairy Journal*. 2018. Vol. 82. P. 4-10. ISSN 0958-6946. URL: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.02.009> (access date: 12/23/2025).
25. Review on the Effect of Calcium Sequestering Salts on Casein Micelles: From Model Milk Protein Systems to Processed Cheese / Deshwal G.K. [et al.] // *Molecules*. 2023. Vol. 28, No. 5. P. 2085. doi: 10.3390/molecules28052085. PMID: 36903331; PMCID: PMC10004449.
26. Philippe M., Le Graët Y., Gaucheron F. The effects of different reactions on the physicochemical characteristics of casein micelles [Electronic resource] // *Food Chemistry*. 2005. Vol. 90, Iss. 4. P. 673-683. ISSN 0308-8146. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.001> (accessed: 23.12.2025).
27. Physicochemical characterization of calcium-supplemented skim milk [Electronic resource] / Philippe M. [et al.] // *Le Lait*. 2003. Vol. 83, No. 1. P. 45-59. URL: <https://hal.science/hal-00895357/document> (accessed: 23.12.2025).

Информация об авторах / Information about the authors

Ермолина Александра Михайловна, аспирант кафедры технологии молока и молочных продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»; 160555, Российская Федерация, г. Вологда, село Молочное, ул. Шмидта, д. 2, e-mail: alexandra27e@yandex.ru

Новокшанова Алла Львовна, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»; 109240, Российская Федерация, г. Москва, Устьинский проезд, д. 2/14. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5049-1472>, e-mail: novokshanova@ion.ru

Абабкова Анна Александровна, кандидат технических наук, инженер-химик, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»; 160555, Российская Федерация, г. Вологда, село Молочное, ул. Шмидта, д. 2, e-mail: primadonna.88@yandex.ru

Alexandra M. Ermolina, Postgraduate student, Department of Milk and Dairy Products Technology, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin; 160555, the Russian Federation, Vologda, Molochnoye village, 2 Shmidta St., e-mail: alexandra27e@yandex.ru

Alla L. Novokshanova, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, A leading researcher, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14. Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5049-1472>, e-mail: novokshanova@ion.ru

Anna A. Ababkova, PhD (Eng.), A chemical engineer, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin; 160555, the Russian Federation, Vologda, Molochnoye village, 2 Shmidt st., e-mail: primadonna.88@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Новокшанова Алла Львовна – разработка методики исследования, валидация данных.

Абабкова Анна Александровна – проведение эксперимента.

Ермолина Александра Михайловна – подбор литературных источников.

Ермолина Александра Михайловна – оформление статьи по требованиям журнала.

Claimed contribution of the authors

Alla L. Novokshanova – research methodology development, data validation.

Anna A. Ababkova – experiment execution.

Alexandra M. Ermolina – literature selection.

Alexandra M. Ermolina – article formatting according to the requirements of the Journal.

Поступила в редакцию 19.01.2026

Поступила после рецензирования 24.02.2026

Принята к публикации 26.02.2026

Received 19.01.2026

Revised 24.02.2026

Accepted 26.02.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-36-50>

УДК 637.5:639.127.2



Разработка и технология функциональных мясных продуктов геродиетической направленности на основе мяса водоплавающей птицы

И.С. Косенко✉, А.Е. Куцова, А.А. Дерканосова,
А.В. Алехина, Г.М.Смольский

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный университет инженерных технологий»;
г. Воронеж, Российская Федерация,
✉inullya@mail.ru*

Аннотация. Введение. Представлена разработка и производство функциональных мясных продуктов геродиетической направленности, предназначенных для людей пожилого возраста. Авторы подчёркивают важность расширения ассортимента таких продуктов в условиях увеличения доли пожилого населения России. Особое внимание уделено функциональным свойствам мяса водоплавающей птицы, которое содержит большое количество полезных веществ, таких как полиненасыщенные жирные кислоты, витамины и минералы. Внимание к геродиетическому питанию обусловлено необходимостью поддержания здоровья, активности и качества жизни пожилого населения. Мясные продукты, обогащенные функциональными ингредиентами, играют важную роль в обеспечении организма необходимыми нутриентами и поддержании его физиологических функций. Исследования показали, что мясо водоплавающей птицы, в частности утки, обладает уникальным составом и может служить ценным сырьем для производства функциональных продуктов. Разработанные рецептуры паштетов на основе мяса утки, печени и субпродуктов обогащены дополнительными ингредиентами, такими как пищевые волокна, витамины и минеральные вещества, что позволяет повысить их нутриентную ценность и улучшить органолептические свойства. Технологии производства паштетов предусматривают использование щадящих методов обработки, которые позволяют сохранить максимальное количество полезных веществ и обеспечить безопасность продукта. **Цель работы.** Создать новые сбалансированные функциональные продукты для геродиетического питания. **Объекты и методы исследования** Данная статья посвящена разработке технологии функциональных мясных продуктов геродиетической направленности, предназначенных для людей пожилого возраста. Исследования подтвердили высокие органолептические и функционально-технологические свойства продуктов, а также их нутриентную адекватность для геродиетического питания. В ходе исследования использовались физико-химические методы, функционально-технологические, микробиологические, метод моделирования для создания сбалансированных рецептур. **Результаты и обсуждение.** Приведены рецептуры и технологии приготовления паштетов на основе мяса утки, печени и субпродуктов, обогащённых необходимыми нутриентами. Подчеркивается значимость оптимизации аминокислотного и жирнокислотного состава с применением компьютерного моделирования. Работа демонстрирует потенциал инновационного подхода в производстве специализированных мясных продуктов, отвечающих потребностям здоровьеориентированных потребителей.

Ключевые слова: геродиетическое питание, мясо водоплавающей птицы, паштеты функциональной направленности, биологическая ценность, разработка рецептур, пищевая ценность

Для цитирования: Косенко И.С., Куцова А.Е., Дерканосова А.А., Алехина А.В., Смольский Г.М. Разработка и технология функциональных мясных продуктов геродиетической направленности на основе мяса водоплавающей птицы. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (1):36-50. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-36-50>

© И.С. Косенко, А.Е. Куцова., А.А. Дерканосова, А.В. Алехина, Г.М.Смольский, 2026

Development and technology of functional gerodietetic meat products on the basis of waterfowl meat

I.S. Kosenko✉, A.E. Kutsova, A.A. Derkanosova,
A.V. Alekhina, G.M. Smolsky

Voronezh State University of Engineering Technologies;
Voronezh, the Russian Federation,
✉inullya@mail.ru

Abstract. Introduction. The article presents the development and production of functional meat products with a gerodietetic focus intended for the elderly. The importance of expanding the range of such products in the context of the increasing proportion of the elderly population in Russia has been emphasized. Particular attention is paid to the functional properties of waterfowl meat, which contains a large number of useful substances, such as polyunsaturated fatty acids, vitamins, and minerals. Attention to gerodietetic nutrition is driven by the need to maintain the health, activity, and quality of life of the elderly population. Meat products enriched with functional ingredients play a significant role in providing the body with essential nutrients and maintaining its physiological functions. Research has shown that waterfowl meat, in particular duck meat, has a unique composition and can serve as a valuable raw material for the production of functional products. The developed recipes for pates based on duck meat, liver, and offal are enriched with additional ingredients, such as dietary fiber, vitamins, and minerals, which helps increase their nutritional value and improve their organoleptic properties. Pâté production technologies utilize gentle processing methods that preserve the maximum amount of nutrients and ensure product safety. The goal of the research was to create new balanced functional products for gerodietetic nutrition. **The objectives and methods of research.** The research focuses on the development of technology for functional meat products with a gerodietetic focus intended for the elderly. The research has confirmed the high organoleptic and functional-technological properties of the products, as well as their nutritional adequacy for gerodietetic nutrition. Physicochemical, functional-technological, microbiological, and modeling methods to create balanced recipes were used in the research. **The results and discussion.** Recipes and technologies for preparing pâtés based on duck meat, liver, and offal enriched with essential nutrients have been presented. The importance of optimizing the amino acid and fatty acid composition using computer modeling has been emphasized. The research demonstrates the potential of an innovative approach to the production of specialized meat products that meet the needs of health-conscious consumers.

Keywords: gerodietetic nutrition, waterfowl meat, functional pates, biological value, formulation development, nutritional value

For citation: Kosenko I.S., Kutsova A.E., Derkanosova A.A., Alekhina A.V., Smolsky G.M. Development and technology of functional gerodietetic meat products on the basis of waterfowl meat. *Новые технологии / New Technologies*. 2026; 22 (1):36-50. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-36-50>

Введение. Задача по сохранению здоровья населения России является одним из приоритетов государства. На данный момент требуется расширение ассортимента продукции, так как в последнее десятилетие идёт прирост населения пожилого возраста.

Наблюдается рост потребительского интереса к продуктам, обогащенным нутриентами и не включающим в свой состав потенциально опасные синтетические добавки.

Ассортимент продукции, разработанной для удовлетворения потребностей людей старшего возраста, демонстрирует устойчивую тенденцию к расширению. Ориентация современного потребителя на здоровый рацион питания определяет значимость разработки и выпуска мясных изделий с заранее определенными характеристиками и составом, способных в некоторой степени компенсировать недостаток

необходимых веществ в организме. Специализированные мясные продукты, обогащенные компонентами, поддерживающими иммунную систему, создают условия для поддержания активного и полноценного образа жизни в течение продолжительного периода времени. Функциональные мясные продукты в России представляют собой развивающуюся категорию, объединяющую традиционные мясные изделия с добавлением ингредиентов, способствующих улучшению здоровья. Данная категория товаров ориентирована на потребителей, стремящихся к здоровому образу жизни, но желающих сохранить мясо в своем рационе. Питание, разработанное с учетом потребностей людей пожилого возраста, нацелено на удовлетворение специфических нужд данной возрастной категории. В Российской Федерации количество лиц пожилого и старческого возраста превышает 40 миллионов, что составляет более 20% от совокупной численности населения страны.

Цель исследования. Созданы новые сбалансированные функциональные продукты для геродиетического питания.

Объекты и методы исследования. Исследования проводились в лабораториях кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий». В ходе исследования использовались физико-химические методы, функционально-технологические, микробиологические, метод моделирования для создания сбалансированных рецептов.

Результаты и обсуждение. Изначально разработка геродиетического питания фокусировалась на продуктах, изготовленных на основе молока. На сегодняшний день представлен широкий ассортимент подобных продуктов. (рис. 1) В течение последних лет на рынке появились хлебобулочные и кондитерские изделия, продукция мясной и рыбной промышленности, масложировые продукты, а также безалкогольные напитки, специально разработанные

для геродиетического употребления. Эти продукты обогащены питательными веществами, восполняющими дефицит, свойственный пожилому возрасту, и способствуют поддержанию здоровья и активного долголетия.

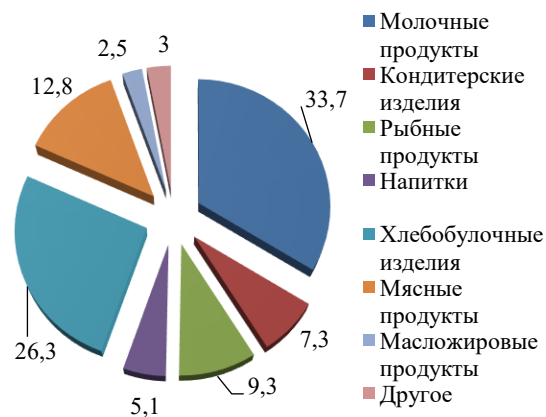


Рис. 1. Анализ геродиетических продуктов на российском рынке, %

Fig. 1. Analysis of gerodietetic products on the Russian market, %

Утиное и гусиное мясо, отличающееся неповторимым вкусом и высокой пищевой ценностью, представляет интерес для потребителей, стремящихся к сбалансированному и разнообразному питанию. Учитывая растущую популярность здорового образа жизни и принципов правильного питания, продукты из мяса водоплавающих птиц дополнительно обогащены полезными компонентами, включая витамины группы В, микроэлементы, такие как селен и цинк, а также пробиотические культуры, что повышает их потребительскую ценность.

Исследования рынка демонстрируют увеличение спроса на продукты питания с пониженным содержанием жиров и повышенным содержанием протеина, что создает перспективные направления для развития производственных предприятий. Создание оригинальных рецептов, учитывающих актуальные мировые тенденции в диетологии и включающих ингредиенты с доказанной пользой для здоровья, может существенно укрепить позиции продукта на рынке.

Необходимо подчеркнуть, что использование современных методов обработки,

таких как вакуумная упаковка и модифицированная газовая среда, позволит сохранить свежесть и питательные вещества продукции, одновременно увеличивая срок ее годности и расширяя географию сбыта.

Таким образом, организация производства функциональной продукции из мяса водоплавающей птицы не только отвечает актуальным требованиям потребителей, но и создает перспективы для дальнейшего развития бизнеса, способствуя улучшению качества и разнообразия питания граждан.

Согласно проведенным маркетинговым исследованиям, на замороженную продукцию в виде натуральных частей тушек приходилось 82% от общего объема производства на птицефабриках. Ключевым маркетинговым инструментом, способствующим увеличению потребления мяса птицы на мировом рынке, является производство готовых к употреблению продуктов, которые соответствуют требованиям и предпочтениям потребителей.

Одним из обнаруженных недостатков в мясной промышленности является нехватка ассортимента функциональных продуктов, а также отсутствие интереса со стороны предприятий к производству изделий из ценного мяса утки, богатого витаминами и минералами и способного рассматриваться как функциональный продукт. В этой связи существует возможность разработки рецептур и технологий для производства паштетов функционального назначения.

Разработка оптимальных продуктов питания для пожилых людей с использованием природных компонентов представляет собой довольно сложную задачу.

Решение данной проблемы осуществляется через несколько ключевых направлений:

- модификация природных компонентов пищи;
- изменение состава продуктов за счет обогащения их макро- и микронутриентами, а также биологически активными веществами;
- создание пищевых модулей (премиксов), которые могут корректировать как разовые, так и суточные рационы питания в целом.

Полиненасыщенные жирные кислоты, относящиеся к жировым компонентам питания, играют решающую роль в обеспечении нормального протекания метаболических процессов. При обработке водоплавающей птицы около 10% приходится на пищевые побочные продукты. Эти субпродукты являются ценным источником сырья, использование которого в изготовлении мясной продукции позволяет расширить ассортимент и повысить их питательную ценность. [3].

Пищевая ценность в 100 г субпродуктов приведена в таблице 1.

В настоящее время побочные продукты птицеводства широко используются в изготовлении кормов для скота и питомцев, а также при разработке биологически активных добавок и лекарственных средств. Одним из значимых достоинств субпродуктов является наличие коллагена, играющего существенную физиологическую роль в человеческом организме. Важно подчеркнуть, что коллаген относится к неполноценным протеинам, поскольку в его составе отсутствуют незаменимые аминокислоты.

Таблица 1. Пищевая ценность в 100 г субпродуктов
Table 1. Nutritional value per 100 g of offal

Наименование субпродукта	Белок, г, не менее	Жир, г, не более	Энергетическая ценность, ккал
Печень	18,0	10,0	162
Сердце	15,0	10,0	150
Мышечные желудки	20,0	7,0	143
Шея	14,0	13,0	173
Ноги	9,0	8,0	108
Головы	8,0	8,0	104
Гребни	9,0	5,0	81

Наиболее высокая концентрация коллагена отмечается в птичьих желудках и сердцах, что обуславливает их потенциальную ценность в качестве сырья для производства пищевой продукции, обогащенной коллагеном, в том числе паштетов с пробиолитическим эффектом. [2] Витаминный и минеральный составы пищевых субпродуктов водоплавающей птицы представлен в таблице 2.

Из результатов таблицы следует, что субпродукты содержат большое количество витаминов и минеральных веществ, что позволит обогатить ими разрабатываемый продукт.

Исследование функционально-технологических характеристик субпродуктов водоплавающей птицы (рис. 2) продемон-

стрировало их высокую влагосвязывающую способность. Следовательно, использование этих субпродуктов в рецептуре паштетов позволит создать продукт с отличными органолептическими свойствами.

Пищевая ценность мяса водоплавающих птиц определяется его химическим составом и значимостью отдельных компонентов для питания человека. В данной ситуации акцент делается на изучении состава важнейших компонентов, включая воду, протеины, липиды, макро- и микронутриенты, а также витаминный состав, поскольку они определяют потребительские свойства готовой мясной продукции. Химический состав мяса водоплавающей птицы, представленный в таблице 3, зависит от вида, возраста, категории птицы.

Таблица 2. Витаминный и минеральный составы пищевых субпродуктов
Table 2. Vitamin and mineral composition of food by-products

Нутриент	Печень		Сердце		Мышечный желудок	
	Содержание	% от нормы	Содержание	% от нормы	Содержание	% от нормы
Витамины						
Витамин А, РЭ, мкг	11984,0	1331,60	82,1	9,2	154	17,2
Ретинол, мг	11,985	–	–	–	–	–
Бета каротин	–	–	23,1	460,01	–	–
Витамин В1, тиамин, мг	0,563	37,51	0,166	11,01	0,062	4,2
Витамин В2, рибофлавин, мг	0,892	49,6	1,13	62,8	0,327	18,2
Витамин В4, холин, мг	–	–	126,8	25,4	89,7	17,9
Витамин В5, пантотеновая, мг	6,185	123,71	3,13	62,5	0,915	18,31
Витамин В6, пиридоксин, мг	0,77	38,0	0,480	24,01	0,199	10
Витамин В9, фолаты, мкг	738,01	184,51	–	–	6,0	1,51
Витамин В12, кобаламин, мкг	54,2	1800	13,31	443,31	3,611	120,31
Витамин С, аскорбиновая, мг	4,51	5,0	3,0	3,4	6,3	7
Витамин Д, кальциферол, мкг	–	–	0,41	4,0	0,51	5,0
Витамин РР, НЭ, мг	6,52	32,51	–	–	–	–
Витамин Е, альфа токоферол, ТЭ	–	–	0,32	2,2	0,23	1,51
Макроэлементы						
Калий, К, мг	230,0	9,3	179,0	7,3	186	7,5
Кальций, Са, мг	11,0	1,2	18,0	1,81	16,0	1,61
Магний, Mg, мг	24,0	6,0	21,0	5,31	19,0	4,81
Натрий, Na, мг	140,0	10,81	129,0	10	147,0	11,31
Сера, S, мг	187,5	18,71	–	–	–	–
Фосфор, P, мг	269,0	33,61	183,0	29,91	–	–
Микроэлементы						
Железо, Fe, мг	30,531	169,60	3,20	20,6	2,78	15,4
Марганец, Mn, мг	0,259	12,90	0,103	5,1	0,085	4,3
Медь, Cu, мкг	5962,0	596,2	0,50	–	0,221	–
Селен, Se, мкг	67	121,8	35,4	64,4	22,8	52,40
Цинк, Zn, мг	3,07	25,6	3,21	26,80	3,030	25,30
Холестерин, мг	515	max 300	225	max 300	271	max 300

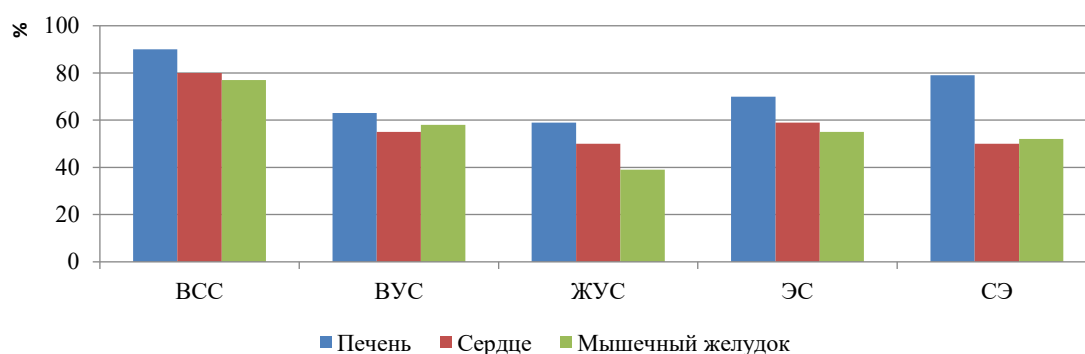


Рис. 2. Функционально-технологические свойства субпродуктов
ВСС – влагосвязывающая способность; ВУС – влагоудерживающая способность;
ЖУС – жирудерживающая способность; ЭС – эмульгирующая способность;
СЭ – стабильность эмульсии

Fig. 2. Functional and technological properties of by-products
BCC – moisture-binding capacity; BUC – moisture-holding capacity; ЖУС – fat-holding capacity;
ЭС – emulsifying capacity; СЭ – emulsion stability

Таблица 3. Химический состав мяса водоплавающей птицы
Table 3. Chemical composition of waterfowl meat

Показатель	Утки	
	1 категории	2 категории
Содержание, г		
белок	15,81	17,21
жир	38,01	24,21
вода	45,61	56,71
зола	0,61	0,91
Витамины, мг/100 г в том числе:		
Витамин А,	0,051	0,051
β-каротин	следы	следы
Витамин В6	0,231	0,271
Ниацин	5,81	6,01
Пантотеновая кислота	0,601	—
Рибофлавин	0,171	0,191
Тиамин	0,181	0,32
Фолацин	3,51	3,51
Холин	119,1	—
Энергетическая ценность, ккал	405	287

Мясо птицы – общепризнанный источник полноценных животных белков. Его высокая питательная и биологическая ценность объясняется несколькими ключевыми аспектами: богатым набором незаменимых аминокислот, их сбалансированным составом и лёгкостью переваривания пищеварительными ферментами. Важно отметить, что белки, содержащиеся в мясе птицы, не содержат аминокислот, которые могли бы снижать их биологическую значимость.

В таблице 4 приведены данные аминокислотного состава белков мяса уток, в пересчете на 100 г белка [1].

Анализ, представленный в таблице 4, указывает на то, что белки мяса птицы характеризуются повышенным содержанием эссенциальных аминокислот. Мясо водоплавающей птицы является важным источником полноценного животного протеина и включает в себя липиды с высоким содержанием незаменимых жирных кислот. В составе липидов мяса этих птиц можно обнаружить различные фракции.

Основную долю в липидном составе съедобных частей тушки занимают триглицериды. (табл. 5).

Таблица 4. Аминокислотный состав мяса мускусных уток
Table 4. Amino acid composition of Muscovy duck meat

Показатель	Утки	
	1 категории	2 категории
Белок, %	15,81	17,21
Незаменимые аминокислоты, г/100 г белка, в том числе:	37,29	37,59
Валин	4,851	5,181
Изолейцин	4,191	4,52
Лейцин	8,091	8,471
Лизин	8,41	7,21
Метионин	2,341	2,601
Треонин	4,46	4,47
Триптофан	1,11	1,161
Фенилаланин	3,851	3,991
Заменимые аминокислоты, г/100 г белка, в том числе:	62,01	61,96
Аланин	6,68	6,74
Аргинин	7,161	6,251
Аспарагиновая кислота	8,89	9,26
Гистидин	1,82	1,97
Глицин	7,02	7,43
Глутаминовая кислота	16,70	16,57
Оксипролин	0,961	0,981
Пролин	4,67	4,73
Серин	3,85	4,08
Тирозин	3,25	3,28
Цистин	0,81	0,681
Общее количество аминокислот	99,4	98,69
Лимитирующая аминокислота, скор, %	нет	нет

Таблица 5. Жирнокислотный состав жира водоплавающей птицы
Table 5. Fat and acid composition of waterfowl fat

Показатель	Утки	
	1 категории	2 категории
Сумма липидов, г/100 г мяса	38,00	24,20
Триглицериды	35,18	22,68
Фосфолипиды	0,76	0,48
Холестерин	0,056	0,4
Жирные кислоты (сумма)	33,90	21,46
Насыщенные, в том числе:	10,51	6,88
С12:0 (лаурановая)	0,04	0,04
С14:0 (миристиновая)	0,37	0,25
С15:0 (пентадекановая)	0,04	0,04
С16:0 (пальмитиновая)	7,01	4,67
С17:0 (маргариновая)	0,09	0,10
С18:0 (стеариновая)	2,90	1,71
С20:0 (арахидоновая)	0,06	0,06
Мононенасыщенные, в том числе:	16,73	10,20
С14:1 (миристолеиновая)	0,01	0,01
С16:1 (пальмитолеиновая)	2,15	1,50
С17:1 (гептадеценная)	0,06	0,05
С18:1 (олеиновая)	14,04	8,31
С20:1 (гадолеиновая)	0,48	0,33
Полиненасыщенные, в том числе:	6,66	4,39
С18:2 (линолевая)	6,29	4,07
С18:3 (линоленовая)	0,29	0,22
С20:4 (арахидановая)	0,08	0,10

Кожа мускусной утки отличается тонкостью. У водоплавающих птиц кожа отличается отсутствием потовых и сальных желез, за исключением копчиковой железы, расположенной у основания хвоста. Эта железа выделяет секрет, который смазывает оперение и кожу, обеспечивая водонепроницаемость и улучшая скольжение в воде.

Пропорции мышечной ткани, кожи и костей оказывают непосредственное влияние на питательную ценность различных частей тушки птиц. Выход этих тканей служит ориентиром, определяемым в процессе обвалки мускусных уток (табл. 6).

У уток первой и второй категорий содержание мышечной ткани колеблется от 31% до 42%. Это объясняется повышенным содержанием кожи с подкожным жиром и салником, которое варьируется от 25% до 30%. В то же время выход костей при такой разделке и обвалке составляет от 23% до 30%. В общей массе тушек гусей и уток высших категорий доля костей, получаемых при ручной обвалке, находится в пределах от 18,4% до 31,5%. В тушках с низкой упитанностью этот показатель может достигать 37,1%.

Мясо водоплавающих птиц, в частности уток, богато витаминами группы В, необходимыми для метаболизма и поддержания здоровья нервной системы. Ретинол (витамин А), обнаруженный в утином мясе, важен для сохранения здоровья кожи и остроты зрения.

Утиятина является хорошим источником микроэлементов, таких как железо, цинк и медь, которые играют важную роль в поддержании иммунитета и процесса кроветворения. Сочетание витаминов, минера-

лов и высокого содержания белка делает утиное мясо полезным элементом разнообразных диет, особенно для людей, стремящихся к поддержанию здоровья и активного образа жизни.

Благодаря высокой питательной ценности мясо водоплавающих птиц широко используется в кулинарии. Из него готовят разнообразные блюда, от традиционной запеченной утки до изысканных паштетов и терринов. Утиная грудка, к примеру, ценится за свой особенный вкус и сочность, что делает ее популярным блюдом в ресторанной и домашней кухне.

Принимая во внимание растущий интерес к здоровому питанию и поиску разнообразных источников белка, переработка и использование мяса водоплавающих птиц может внести существенный вклад в развитие пищевой промышленности. Стимулирование местных производителей и развитие технологий переработки обеспечат высокое качество продукции и удовлетворение потребительского спроса на полезное и питательное мясо.

Таким образом, мясо водоплавающих птиц отличается не только превосходными вкусовыми качествами, но и высокой питательной ценностью, что делает его важным элементом современного рациона.

Методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии изучено содержание макроэлементов (Са, Р) а также микроэлементов в мясе мускусных (табл. 7).

На рисунке 3 продемонстрированы результаты сравнительного анализа функциональных и технологических характеристик мяса мускусной утки, говядины, свинины и мяса птицы.

Таблица 6. Соотношение мышечной ткани, кожи и костей
Table 6. Ratio of muscle tissue, skin and bones

Часть тушки	Утки		
	Мышечная ткань	Кожа	Кость
Грудка	32,4	32,0	35,6
Окорочок	43,7	32,0	24,3
Спинно-лопаточная и пояснично-крестцовая части с крыльями и кожей шеи	26,4	29,7	43,9

Таблица 7. Содержание макро-, микроэлементов в мясе уток
Table 7. Content of macro- and microelements in duck meat

Наименование показателя	Литературные данные, мг/кг	Результаты исследований, мг/кг
	Мясо водоплавающей птицы	Мясо мускусной утки
Кальций	120,1	100,1
Фосфор	1650,1	1360,01
Железо	24,01	37,20
Медь	2,610	5,81
Цинк	26,20	6,01
Марганец	0,20	0,071

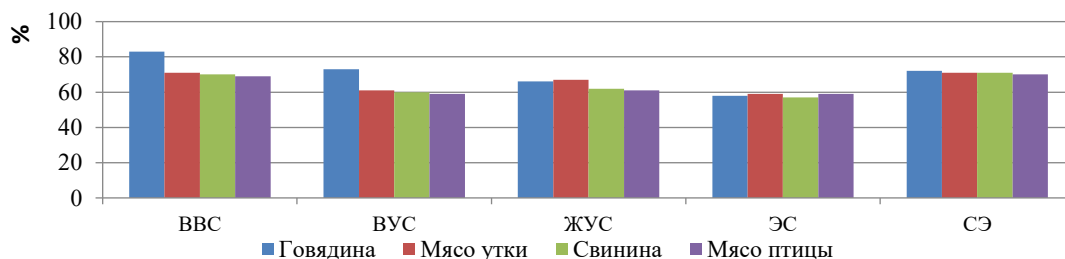


Рис. 3. Функционально-технологические свойства мяса

BVC – влаговыделяющая способность; VUC – влагоудерживающая способность;
ЖУС – жирудерживающая способность; ЭС – эмульгирующая способность;
СЭ – стабильность эмульсии

Fig. 3. Functional and technological properties of meat

BVC – moisture-releasing capacity; VUC – moisture-holding capacity; ЖУС – fat-holding capacity;
ЭС – emulsifying capacity; СЭ – emulsion stability

Полученные данные показывают, что функционально-технологические свойства мяса уток существенно не отличается от таковых в других видах мяса.

Достаточно высокие значения функционально-технологических свойств говорят о хорошем качестве продукции, что делает возможным использование мяса водоплавающих птиц, особенно мускусных уток, в производстве паштетов.

При разработке рецептуры паштета опирались на литературные данные о составе аминокислот и жирных кислот сырья, что дало возможность смоделировать многокомпонентные рецептуры. Для этого использовалась программа компьютерного моделирования Genecis 2.0, направленная на максимально точное соответствие аминокислотному составу «эталоны белка». Для приготовления паштета требуются: утиное мясо (только ручной обвалки), печень, желудок (мышечный) и сердце.

Для разработки структуры аминокислотного состава применялись данные о количестве протеина и аминокислот в ис-

пользуемых компонентах. Оценка сбалансированности белка проводилась с помощью одностороннего ограничения, где верхняя граница равнялась содержанию аминокислот в идеальном белке, как это определено ФАО/ВОЗ. Также была задана массовая доля основного ингредиента, относительно которой определялись коэффициенты, устанавливающие массовые доли остальных ингредиентов, участвующих в моделировании состава.

В процессе вычислений учитывались средние показатели потери аминокислот при термообработке. Эти данные базируются на анализе изменений содержания незаменимых аминокислот в мясном сырье в условиях обычного автолиза. Средние значения потерь аминокислот следующие: валин – от 7 до 13,7%, изолейцин – от 11 до 19,6%, лейцин – от 10 до 17,2%, лизин – от 8,8 до 12 %, метионин – от 10 до 23,8%, фенилаланин и тирозин – 3-8%, треонин – от 15 до 27,4%, триптофан – от 12 до 22,6%.

Требования к формализации опирались на потребность организма человека в нут-

риентах и энергии, а также на аминокислотный состав, рекомендованный ФАО/ВОЗ, который применялся как эталон в программе Generic 2.0.

После загрузки информации о составе аминокислот отобранных компонентов в специализированное программное обеспечение, были сформированы рецептуры, отвечающие критериям аминокислотного профиля белка, установленным ФАО/ВОЗ. В конечном счете было сгенерировано 10 различных рецептов. Из них рецепт, отраженный в таблице 8, показал лучшие результаты соответствия, оцениваемые с использованием частных и интегральных функций желательности Харринг-

тона. Визуализация мультипликативной модели, демонстрирующей сбалансированность аминокислотного состава данной рецептуры, представлена на рисунке 4.

В дополнение к указанным компонентам в состав системы были включены вода в количестве 10-15% от массы несоленого сырья, поваренная соль – 1,5%, корень петрушки – 0,5%, черный молотый перец – 0,1% и сахар – 0,1%. Для анализа качественных характеристик паштета был приготовлен образец согласно разработанной рецептуре, после чего проведена органолептическая оценка его качества, представленная на рисунке 5.

Таблица 8. Содержание (%) сырья в рецептуре паштета
Table 8. Content (%) of raw materials in the pate recipe

№ рецептуры	Сырье	Мясо утки ручной обвалки	Жир утиный	Печень утиная	Желудки утиные	Сердце утиное	Лук и морковь пассированные
Паштет «Утиный»	%	57,01	10,01	10,01	5,01	13,001	5,00

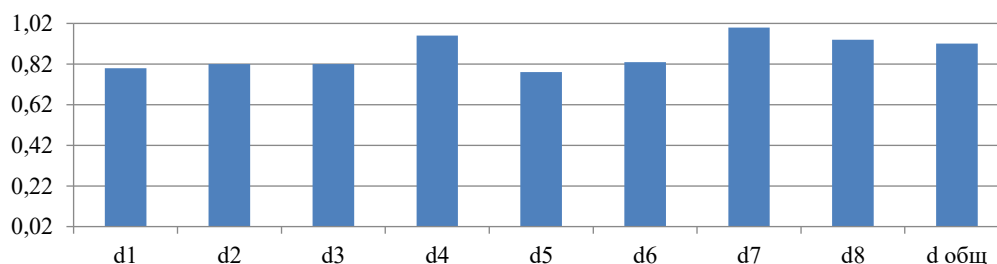


Рис. 4. Мультипликационная модель частных (d_i) и обобщенной (B) функций желательности аминокислотного состава рецептуры паштета; d1- валина, d2- лейцина, d3- изолейцина, d4- лизина, d5- метионина+цистина, d6- треонина, d7- триптофана, d8- фенилаланина+тирозина

Fig. 4. Cartoon model of private (d_i) and generalized (B) functions of desirability of amino acid composition of pate recipe: d1- valine, d2- leucine, d3- isoleucine, d4- lysine, d5- methionine + cystine, d6- threonine, d7- tryptophan, d8- phenylalanine + tyrosine

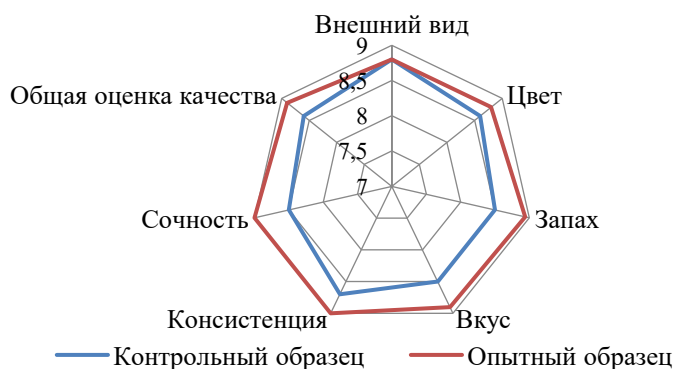


Рис. 5. Органолептическая оценка паштетов
Fig. 5. Organoleptic evaluation of pates

На рисунке 6 представлено сопоставление аминокислотного профиля белка исследуемых образцов с эталонными показателями. Изучение гистограмм демонстрирует, что структура аминокислот в белке экспериментальных образцов близка к эталонной.

Анализ показателей сбалансированности созданных паштетов по аминокислотному и жирнокислотному составу (табл. 9) подтверждает соответствие разработанным виртуальным моделям и их нутриентную адекватность.

Оценка относительной биологической ценности продукта не ограничивается испытаниями на животных, альтернативным методом является использование микроорганизмов, например, инфузории *Tetrahymena pyriformis*. Уникальность этого микроорганизма заключается в наличии двойного

цикла пищеварения, включающего кислотную и щелочную фазы, что имитирует действие пепсина и трипсина в пищеварительной системе млекопитающих и человека. Важно отметить, что ферментный состав *Tetrahymena pyriformis* во многом схож с ферментными системами высших организмов, а для обеспечения ее роста необходим полный набор незаменимых аминокислот. Благодаря быстрому размножению в благоприятных условиях и микроскопическим размерам, *Tetrahymena pyriformis* позволяет оперативно получать статистически значимые данные, сопоставимые с результатами, полученными в ходе экспериментов на животных [4]. Численные значения относительной биологической ценности для контрольной и экспериментальной групп представлены в таблице 10.

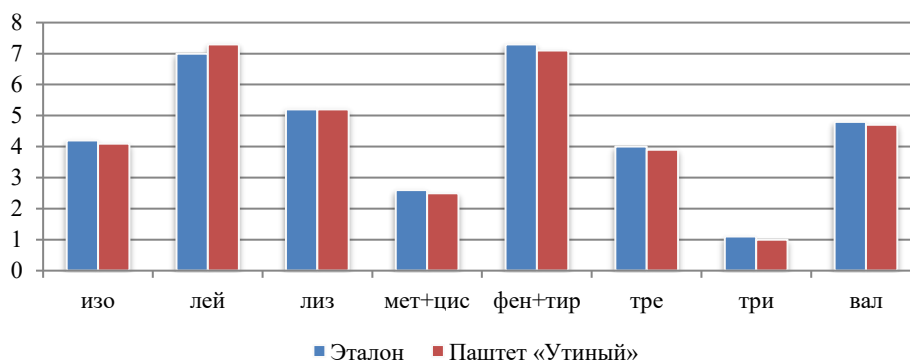


Рис. 6. Аминокислотный состав белка опытных образцов паштетов
Fig. 6. Amino acid composition of protein in experimental samples of pates

Таблица 9. Показатели нутриентной сбалансированности паштета «Утиный»

Table 9. Nutrient balance indicators of “Utiny” pate

Показатели		Паштет «Утиный»
Аминокислотная сбалансированность		
Мин скор, дол ед (Cmin)		0,91
Коэффициент утилитарности, дол ед (σ)		0,72
Коэффициент сопоставимой избыточности, г 100 г белка (U)		8,95
Жирнокислотная сбалансированность		
Отношение ωб/ ωз		9,15
Коэффициент жирно-кислотной сбалансированности, дол ед (RLi)	ωз	0,91
	ωб	0,71

Таблица 10. Относительная биологическая ценность паштета «Утиный»

Table 10. Relative biological value of “Utiny” pate

Образец полуфабрикатов рубленых	Количество особей в 1 мл	Относительная биологическая ценность, %
Контроль (казеин)	0,75 × 10 ³	100,01
Опыт	0,71 × 10 ³	94,61

Опытный образец несколько уступает контрольному по биологической ценности, что обусловлено содержанием коллагена в паштете. Мясные продукты геродиетического питания сохраняют свою востребованность на российском рынке, привлекая потребителей, ориентированных на поддержание здоровья, и предоставляя им альтернативные варианты обычным мясным продуктам. Данный сегмент обладает перспективами расширения и внедрения новых технологий в соответствии с меняющимися нуждами и вкусами российских потребителей.

Заключение. Создание функциональных мясных изделий с использованием мяса водоплавающей птицы представляет собой многообещающее направление для удовле-

творения потребностей пожилых людей. Значительная биологическая ценность, сбалансированный аминокислотный состав и пропорциональное содержание липидов делают подобную продукцию важной составляющей геродиетического рациона. Использование современных методов разработки рецептур, таких как компьютерное моделирование, гарантирует соответствие функциональных продуктов физиологическим потребностям организма.

Функциональные паштеты на основе мяса утки и субпродуктов способны занять значительную нишу на рынке продуктов питания. Их производство может стать эффективным способом повышения качества жизни населения и укрепления его здоровья.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гоноцкий В.А., Федина Л.П. Гуси-лебеди и утки // Мясная индустрия. 2018. № 8. С. 42-47.
2. Тазеддинова Д.Р., Жуманова Г.Т. Рациональное использование куриных субпродуктов в пищевой технологии // Качество продукции, технологий и образования: материалы XIV Международной научно-практической конференции (Магнитогорск, 30 апр. 2019 г.). Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 2019. С. 150-154.
3. Абишев М.Ж. Технология производства функциональных продуктов: учебник. Алматы: Лантар Books, 2024. 204 с.
4. Сложенкина М.И., Горлов И.Ф. Разработка технологии мясных изделий с использованием растительных белково-углеводных комплексов и биологически активных веществ: учебное пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2015. 72 с.
5. Куцова А.Е., Косенко И.С., Алехина А.В. О необходимости создания геродиетических продуктов, // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: материалы IX Международной научно-технической конференции (Воронеж, 08 дек. 2023 г.). Воронеж: ВГУИТ, 2024. С. 229-231.
6. Мясо мускусной утки - источник полноценного белка / В.И. Криштафович [и др.] // Птица и птицепродукты. 2017. № 3. С. 48-51.
7. Семей қаласындағы тауық пен үйрек еттері және оның субөнімдерінің физика-химиялық көрсеткіштері / А.К. Суйчинов [и др.] // Вестник университета Шакарима. Серия: Технические науки. 2025. № 1(17). С. 179-186. DOI 10.53360/2788-7995-2025-1 (17)-23.
8. Тараненко К.А., Новикова М.А., Лисовицкая Е.П. Разработка функционального продукта на основе мяса утки для здорового питания // Молодёжная наука 2025: технологии, инновации: материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных, аспирантов и студентов, посвящённой 95-летию со дня образования Пермского государственного аграрно-технологического университета имени академика Д.Н. Прянишникова: в 3-х ч. (Пермь, 07-11 апр. 2025г.). Пермь: Прокрость, 2025. С. 131-134.

9. Study of composition and properties of duck meat / V. S. Slobodyanik [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Voronezh, 26-29 февр. 2020 г.). Voronezh, 2021. P. 032046. DOI 10.1088/1755-1315/640/3/032046.

10. A method for the preparation of chicken liver pâté that reliably destroys campylobacters / Hutchison M. [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2015. Vol. 12, No. 5. P. 4652-4669.

11. Khamitova B., Sadyrbaeva I. Non-traditional plant raw ingredients in the production of meat and vegetable pates // Вестник Алматинского технологического университета. 2024. No. 4. P. 150-156. DOI 10.48184/2304-568X-2024-4-150-156.

12. Physicochemical, rheological, sensory, microbiological, and oxidative properties of canned pâtés reformulated with hydrated pea protein as a fat replacer / Trindade P.C.O. [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2025.

13. Косенко И.С., Куцова А.Е. Исследование продукции функциональной направленности из мяса гусей study of functional goose meat products // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство (Воронеж, 06 дек. 2024 г.). Воронеж: ВГУИТ, 2025. С. 27-30.

REFERENCES

1. Gonotskiy V.A., Fedina L.P. Geese-swans and ducks // Meat industry. 2018. No. 8. P. 42-47. [In Russ.]

2. Tazeddinova D.R., Zhumanova G.T. Rational use of chicken by-products in food technology // Quality of products, technologies and education: Proceedings of the XIV International scientific and practical conference (Magnitogorsk, April 30, 2019). Magnitogorsk: Bauman Moscow State Technical University, 2019. P. 150-154. [In Russ.]

3. Abishev M.Zh. Technology of production of functional products: a textbook. Almaty: Lantar Books, 2024. 204 p. [In Russ.]

4. Slozhenkina, M.I., Gorlov, I.F. Development of technology for meat products using plant protein-carbohydrate complexes and biologically active substances: a tutorial. Volgograd: VolGTU, 2015. 72 p. [In Russ.]

5. Kutsova, A.E., Kosenko, I.S., Alekhina, A.V. On the need to create gerodietetic products // Innovative technologies in the food industry: science, education and production: proceedings of the IX International scientific and technical conference (Voronezh, December 8, 2023). Voronezh: VSUET, 2024. P. 229-231. [In Russ.]

6. Muscovy duck meat - a source of complete protein / V.I. Kristofovich [et al.] // Poultry and poultry products. 2017. No. 3. P. 48-51. [In Russ.]

7. Semey kalasyndagy tauyk pen  yrek etteri zhane onyun subonimderinin physics-chemistry korsetkishteri / A.K. Suychinov [etc.] // Bulletin of Shakarim University. Series: Technical Sciences. 2025. No. 1(17). P. 179-186. DOI 10.53360/2788-7995-2025-1(17)-23.

8. Taranenko K.A., Novikova M.A., Lisovitskaya E.P. Development of a functional duck meat-based product for healthy nutrition // Youth Science 2025: Technologies, Innovations: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Postgraduates, and Students Dedicated to the 95th Anniversary of the Founding of the Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov: in 3 parts (Perm, April 7-11, 2025). Perm: Prokrost, 2025. P. 131-134. [In Russ.]

9. Study of composition and properties of duck meat / V. S. Slobodyanik [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Voronezh, February 26-29, 2020). Voronezh, 2021. P. 032046. DOI 10.1088/1755-1315/640/3/032046. [In Russ.]

10. A method for the preparation of chicken liver pâté that reliably destroys campylobacters / Hutchison M. [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health.

2015. Vol. 12, No. 5. P. 4652-4669.

11. Khamitova B., Sadyrbaeva I. Non-traditional plant raw ingredients in the production of meat and vegetable pates // Bulletin of Almaty Technological University. 2024. No. 4. P. 150-156. DOI 10.48184/2304-568X-2024-4-150-156.

12. Physicochemical, rheological, sensory, microbiological, and oxidative properties of canned pâtés reformulated with hydrated pea protein as a fat replacer / Trindade P.C.O. [et al.] // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2025.

13. Kosenko I.S., Kutsova A.E. Study of functional goose meat products // Innovative technologies in food industry: science, education, and production (Voronezh, December 6, 2024). Voronezh: VSUET, 2025. P. 27-30. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Косенко Инна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов животного происхождения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; 394036, Российская Федерация, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2829-9940> e-mail: inullya@mail.ru

Куцова Алла Егоровна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов животного происхождения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; 394036, Российская Федерация, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5778-6150> e-mail: alla-toporkova@yandex.ru

Дерканосова Анна Александровна, доктор технических наук, профессор кафедры сервиса и ресторанного бизнеса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; 394036, Российская Федерация, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9726-9262> e-mail: aa-derk@yandex.ru

Алехина Анастасия Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры биохимии и биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; 394036, Российская Федерация, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5266-3901> e-mail: alehinanastya@inbox.ru

Смольский Геннадий Михайлович, кандидат химических наук, доцент кафедры технологии продуктов животного происхождения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий»; 394036, Российская Федерация, г. Воронеж, проспект Революции, д. 19, e-mail: smolski@bk.ru

Inna S. Kosenko, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Technology of Animal Products, Voronezh State University of Engineering Technologies; 394036, the Russian Federation, Voronezh, 19 Revolution Avenue, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2829-9940>, e-mail: inullya@mail.ru

Alla E. Kutsova, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Technology of Animal Products, Voronezh State University of Engineering Technologies; 394036, the Russian Federation, Voronezh, 19 Revolution Avenue, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5778-6150>, e-mail: alla-toporkova@yandex.ru

Anna A. Derkanosova, Dr Sci. (Eng.), Professor, the Department of Service and Restaurant Business, Voronezh State University of Engineering Technologies; 394036, the Russian Federation, Voronezh, 19 Revolution Avenue, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9726-9262>, e-mail: aa-derk@yandex.ru

Anastasiya V. Alekhina, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Biochemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Engineering Technologies; 394036, the Russian Federation, Voronezh, 19 Revolution Avenue, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5266-3901>, e-mail: alehinanastya@inbox.ru

Gennadiy M. Smolsky, PhD (Chem.), Associate Professor, the Department of Technology of Animal Products, Voronezh State University of Engineering Technologies; 394036, the Russian Federation, Voronezh, 19 Revolution Avenue, e-mail: smolski@bk.ru

Заявленный вклад авторов

Косенко Инна Сергеевна – выдвинула идею проведения исследования, осуществлял планирование эксперимента, участвовала в подборе литературных источников и подборе методов исследования.

Куцова Алла Егоровна – осуществляла планирование эксперимента, участвовала в подборе литературных источников, оформляла статью по требованию журнала.

Дерканосова Анна Александровна – оформляла статью по требованию журнала, участвовала в подборе литературных источников.

Алехина Анастасия Викторовна – проведение эксперимента, валидация данных.

Смольский Геннадий Михайлович – участвовал в подборе литературных источников, участвовал в написании статьи, проводил проверку правильности полученных результатов.

Claimed contribution of the authors

Inna S. Kosenko – the idea for the research, planning the experiment, participation in the selection of references, and research methods.

Alla E. Kutsova – planning the experiment, selection of references, and formatting the article according to the requirements of the Journal.

Anna A. Derkanosova – formatting the article according to the requirements of the Journal, selection of references.

Anastasia V. Alekhina – conducting the experiment and validating the data.

Gennady M. Smolsky – selection of references, writing of the article, the accuracy of the results.

Поступила в редакцию 17.12.2025

Поступила после рецензирования 13.02.2026

Принята к публикации 16.02.2026

Received 17.12.2025

Revised 13.02.2026

Accepted 16.06.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-51-62>

УДК 664.149:[664.849:635.649]



Разработка способов нивелирования негативных эффектов при использовании пюре из сладкого перца в технологии зефира

Д.В. Котвицкая✉, Т.В. Першакова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»;

г. Краснодар, Российская Федерация,

✉daryakotvitskaya@gmail.com

Аннотация. Введение. В статье представлены результаты исследования по разработке технологических решений по компенсации ухудшения качества зефира при частичной (30%) замене яблочного пюре на пюре из сладкого перца (*Capsicum annuum*). Актуальность обусловлена тенденцией к расширению ассортимента кондитерских изделий из нетрадиционного растительного сырья, необходимостью преодоления технологических трудностей, связанных с изменением кислотности, пектинового состава сырья. **Целью** является разработка способов компенсации ухудшения качества при частичной замене на пюре из сладкого перца подбором вида, дозировки, способа внесения корректирующих добавок. **Объекты и методы исследования.** Образцы зефира, приготовленные с добавлением различных корректоров. **Результаты и обсуждение.** Первоначальный скрининг эффективности лимонной и яблочной кислот, цитрусового пектина, агар-агара, их комбинаций установил: совместное внесение 0,4% лимонной кислоты и 0,5% пектина снижает рН массы до оптимальных значений пектина (3,52), увеличивает прочность до 305 г, органолептическую оценку до 4,8 баллов. Оптимизация методом ЦКП уточнила дозировки: лимонная кислота – 0,4%, пектин – 1,2 % к массе пюре, обеспечила прочность 225 ± 8 г и органолептическую оценку 4,8 балла. На втором этапе методом центрального композиционного планирования (ЦКП) получены адекватные регрессионные модели ($R^2 = 0,92-0,94$), описывающие зависимость прочности, органолептической оценки от концентраций лимонной кислоты (X_1), пектина (X_2). Методом анализа поверхностей отклика определены оптимальные диапазоны дозровок: лимонная кислота – 0,38-0,42%, пектин – 1,1-1,2% к массе пюре. Доказано преимущество внесения кислоты непосредственно в пюре перед сбиванием (способ А), обеспечивающее наивысшую прочность (226 ± 8 г), лучшую органолептическую оценку ($4,8 \pm 0,2$ балла), сохранение цвета по сравнению с внесением в сироп. **Заключение.** Разработана рецептура зефира с использованием пюре сладкого перца, соответствующая требованиям ГОСТ 6441–2014.

Ключевые слова: зефир, пюре из сладкого перца, лимонная кислота, пектин, оптимизация, центральный композиционный план, поверхность отклика, качество, рецептура

Для цитирования: Котвицкая Д.В., Першакова Т.В. Разработка способов нивелирования негативных эффектов при использовании пюре из сладкого перца в технологии зефира. *Новые технологии / New technologies*. 2026; (1):51-62. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-51-62>

Developing methods for mitigating the negative effects of using sweet pepper puree in marshmallow production

D.V. Kotvitskaya✉, T.V. Pershakova

*The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking;
Krasnodar, the Russian Federation,
✉daryakotvitskaya@gmail.com*

Abstract. Introduction. The research results on developing technological solutions to compensate for the deterioration in marshmallow quality when partially (30%) replacing applesauce with sweet pepper (*Capsicum annuum*) puree have been discussed. The research is relevant due to the trend toward expanding the range of confectionery products made from non-traditional plant-based raw materials and the need to overcome technological challenges associated with changes in the acidity and pectin composition of these raw materials. **The goal of the research** is to develop methods for compensating quality deterioration during partial replacement with sweet pepper puree by selecting the type, dosage, and methods of introducing corrective additives. **The objects and methods of the research.** Marshmallow samples prepared with the addition of various correctors. **The results and discussion.** Initial screening of the effectiveness of citric and malic acids, citrus pectin, agar-agar, and their combinations has established the following: the combined addition of 0.4% citric acid and 0.5% pectin reduces the pH of the mass to optimal pectin values (3.52), increases the strength to 305 g, and the organoleptic rating to 4.8 points. Optimization using the CCP method has clarified the dosages: citric acid – 0.4%, pectin – 1.2% of the puree weight, ensuring a strength of 225 ± 8 g and an organoleptic rating of 4.8 points. In the second stage, the central compositional design (CCD) method has been used to obtain adequate regression models ($R^2 = 0.92-0.94$) describing the dependence of strength and organoleptic assessment on the concentrations of citric acid (X_1) and pectin (X_2). Response surface analysis determined the optimal dosage ranges: citric acid – 0.38-0.42%, pectin – 1.1-1.2% of the puree mass. The advantage of adding acid directly to the puree before churning (method A) has been demonstrated, providing the highest strength (226 ± 8 g), better organoleptic assessment (4.8 ± 0.2 points), and color retention compared to adding it to syrup. **Conclusion.** A marshmallow recipe using sweet pepper puree has been developed that meets the requirements of GOST 6441–2014.

Keywords: marshmallow, sweet pepper puree, citric acid, pectin, optimization, central compositional design, response surface, quality, formulation

For citation: Kotvitskaya D.V., Pershakova T.V. Development of methods for mitigating the negative effects of using sweet pepper puree in marshmallow production. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; (1): 51-62. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-51-62>

Введение. Зефир относится к числу популярных кондитерских изделий благодаря своей нежной текстуре, приятному вкусу и относительно невысокой калорийности по сравнению с мучными сладостями. Традиционно его вырабатывают на основе яблочного пюре, которое содержит природный пектин, обеспечивающий характерную структуру зефира за счет образования прочного студня [1, 2].

В последние годы на кондитерском рынке наблюдается устойчивая тенденция к расширению ассортимента за счет ис-

пользования нетрадиционного растительного сырья. Это позволяет не только придать продукту новые органолептические свойства, но и обогатить его состав биологически активными веществами, отвечая запросу потребителей на продукцию с функциональными свойствами [3–5].

В этом контексте особый интерес представляет сладкий перец (*Capsicum annuum*). Он является ценным источником витаминов (особенно аскорбиновой кислоты), каротиноидов (бета-каротина, лютеина), а также биофлавоноидов, обладаю-

щих антиоксидантной активностью [6, 7]. Внедрение пюре из сладкого перца в рецептуру зефира позволит не только расширить ассортимент, но и повысить пищевую ценность готового продукта.

Однако замена традиционного яблочного пюре на перцевое сопряжена с рядом технологических трудностей. Яблочное пюре имеет кислую среду (рН около 3,4) и содержит достаточное количество собственного пектина. Пюре из сладкого перца, напротив, характеризуется более высоким значением рН (около 5,1) и иным пектиновым комплексом. Как отмечают исследователи, изменение кислотности среды и пектинового состава напрямую влияет на ключевые технологические этапы производства зефира: ухудшается пенообразование, снижается структурообразующая способность агара и пектинов, что в конечном итоге ведет к получению продукта с неудовлетворительной консистенцией и вкусом [8–10]. Без соответствующей коррекции рецептуры замена даже части яблочного пюре на перцевое приводит к негативным последствиям для качества готового изделия.

Таким образом, актуальность данной работы обусловлена необходимостью разработки научно обоснованных технологических решений, позволяющих нивелировать негативные эффекты при использовании пюре из сладкого перца и получить зефир стабильного качества с улучшенным пищевым профилем.

Целью исследования является разработка способов компенсации ухудшения качества зефира при частичной замене яблочного пюре на пюре из сладкого перца путем подбора вида, дозировки и способа внесения корректирующих добавок.

Объекты и методы исследования.

В работе использовали следующее сырье:

- яблочное пюре (производство ООО «Сады Придонья», РФ) с массовой долей сухих веществ 10 % и рН 3,4;
- перец сладкий сорта «Калифорнийское чудо» урожая 2023 г. (Краснодарский край);

- сахар-песок (ГОСТ 33222–2015);
- патока крахмальная (ГОСТ Р 52060–2003);
- агар-агар марки 900 (КНР) (ГОСТ 16280–2002);
- яичный белок сухой (ГОСТ 30363–2013);
- в качестве корректирующих добавок использовали: лимонную кислоту (ГОСТ 908–2004), яблочную кислоту (E296, КНР), пектин цитрусовый (степень этерификации 65 %, производитель Herbstreith & Fox, Германия) (E440).

Приготовление пюре из сладкого перца. Сладкий перец мыли, удаляли плодоножку и семенную камеру. Подготовленные плоды запекали в жарочном шкафу при температуре 180 °С в течение 20 минут до размягчения. Запеченный перец охлаждали до температуры 40–50 °С и протирали через сито с диаметром ячеек 1,0 мм для удаления кожицы. Полученное пюре имело массовую долю сухих веществ 12 % и рН 5,1.

Методы анализа. Массовую долю сухих веществ в пюре определяли рефрактометрическим методом с использованием рефрактометра ИРФ-454 Б2М (РФ) по ГОСТ ISO 2173–2013.

Активную кислотность (рН) зефирной массы измеряли потенциометрическим методом на рН-метре «Анион-4100» (РФ) с точностью измерения ±0,02 ед. рН.

Прочность готового зефира определяли на пенетрометре ПП-1 (РФ) как усилие (в граммах), необходимое для погружения плунжера диаметром 5 мм на глубину 10 мм. Измерения проводили через 6 часов после формования изделий при температуре 20±2 °С.

Органолептическую оценку проводили по 5-балльной шкале в соответствии с ГОСТ ISO 6658–2016 с участием 7 обученных дегустаторов. Оценивали внешний вид, цвет, запах, вкус и консистенцию. Интегральный показатель рассчитывали как среднее арифметическое.

Время сбивания фиксировали секундомером до достижения устойчивой пены, определяемой визуально по тесту «стойкий

пик» (масса не стекает с венчика и держит форму).

Все эксперименты проводили в трехкратной повторности. В таблицах представлены средние арифметические значения и их стандартные отклонения.

Результаты и обсуждение.

Постановка эксперимента. Исследования проводили в три этапа. На первом этапе осуществляли скрининг эффективности различных корректоров. Готовили контрольный образец зефира с заменой 30 % яблочного пюре на перцевое (по рецептуре, принятой за основу). В опытные образцы дополнительно вносили корректоры в различных дозировках: лимонную кислоту (0,1; 0,2; 0,4 %), яблочную кислоту (0,4 %), пектин цитрусовый (0,5; 0,8 %), агар-агар (0,3 %), а также комбинацию лимонной кислоты (0,4 %) и пектина (0,5 %). Дозировки указаны в процентах к массе пюре. Оценивали влияние добавок на pH массы, прочность и органолептические показатели готового продукта.

На втором этапе для оптимизации концентраций выбранных корректоров (лимонная кислота X_1 и пектин X_2) использовали центральный композиционный план (ЦКП) для двух факторов. Уровни варьирования факторов составили: X_1 от 0,2 до 0,6%; X_2 от 0,5 до 1,5 % к массе пюре. План включал 13 опытов (ядро $2^2 = 4$, «звездные» точки с плечом $\alpha = 1,414$ и 5 повторностей в центре плана). В качестве функций отклика выбраны прочность (Y_1 , г) и органолептическая оценка (Y_2 , балл).

На третьем этапе исследовали влияние способа внесения лимонной кислоты при оптимальных дозировках: способ А – растворение кислоты в смеси пюре перед сбиванием; способ Б – внесение кислоты в горячий агаро-сахарный сироп после его уваривания.

Статистическая обработка.

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли с использованием программного пакета Statistica 10.0 (StatSoft, США). Для полученных ре-

грессионных моделей оценивали их адекватность по критерию Фишера (F-критерий) при уровне значимости $p < 0,05$. Достоверность различий между средними значениями оценивали по t-критерию Стьюдента с поправкой Бонферрони для множественных сравнений. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

Скрининг эффективности корректоров. На первом этапе исследований необходимо было определить, какие корректирующие добавки способны наиболее эффективно компенсировать негативные изменения, возникающие при замене 30 % яблочного пюре на пюре из сладкого перца.

Контрольный образец (образец 1) готовили по классической рецептуре зефира, но с заменой 30 % яблочного пюре на перцевое. pH полученной смеси пюре составил 3,77, что значительно выше, чем у чисто яблочного сырья (pH 3,4). Это ожидаемо привело к ухудшению качества: прочность готового зефира снизилась, а органолептическая оценка составила 3,8 балла из-за недостаточно упругой консистенции и слабо-выраженного вкуса.

В опытные образцы дополнительно вносили различные корректоры. В таблице 1 представлены результаты оценки.

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы.

Внесение лимонной кислоты (образцы 2-4) ожидаемо снижало pH зефирной массы. Наилучший результат по прочности (230 г) и органолептике (4,1 балла) наблюдался при дозировке 0,2 % (образец 3). Увеличение дозировки до 0,4 % (образец 4) привело к излишне кислому вкусу (снижение органолептической оценки до 3,9 балла) и некоторому падению прочности, вероятно, из-за частичного гидролиза пектиновых веществ в сильно кислой среде. Яблочная кислота (образец 5) показала результаты, сопоставимые с лимонной, но уступила ей по органолептической оценке.

Добавление пектина (образцы 6, 7) способствовало значительному росту прочно-

сти (до 265 г при дозировке 0,8 %), что связано с увеличением общего количества структурообразователя в системе. Дополнительное внесение агар-агара (образец 8) также повысило прочность (275 г), однако консистенция образца стала более жесткой, «резинистой», что снизило органолептическую оценку до 4,0 баллов.

Наилучший результат был достигнут при совместном внесении 0,4 % лимонной кислоты и 0,5 % пектина (образец 9). Кислота скорректировала pH до оптимальных для пектина значений (3,52), что активировало его студнеобразующую способность. Добавленный пектин, в свою очередь, компенсировал недостаток собственных пектинов в перцевом пюре и усилил структуру. Прочность образца возросла до 305 г, а органолептическая оценка стала максимальной (4,8 балла) благодаря упругой, нежной консистенции и сбалансированному вкусу.

Таким образом, для дальнейших исследований в качестве корректоров выбраны

лимонная кислота (фактор X_1) и цитрусовый пектин (фактор X_2).

Оптимизация дозировок корректоров с использованием центрального композиционного плана (ЦКП). Для определения оптимальных концентраций лимонной кислоты и пектина был реализован ЦКП для двух факторов. В таблице 2 представлены уровни варьирования факторов и матрица планирования в кодированных значениях.

В качестве функций отклика выбраны прочность зефира (Y_1 , г) и органолептическая оценка (Y_2 , балл). В таблице 3 представлены матрица планирования и экспериментальные данные по 13 опытам (4 точки ядра, 4 «звездные» точки и 5 опытов в центре плана).

Обработка экспериментальных данных методом множественного регрессионного анализа позволила получить адекватные математические модели, описывающие зависимость показателей качества от исследуемых факторов.

Таблица 1. Влияние различных корректоров на показатели зефирной массы и готового зефира

Table 1. The influence of various correctors on the parameters of marshmallow mass and finished marshmallows

№ образца, корректор	Дозировка, %*	pH массы	Прочность, г	Органолептическая оценка, балл
1. Контроль (без корректора)	–	3,77	210 ± 9	3,8 ± 0,2
2. Лимонная кислота	0,1	3,65	225 ± 8	4,0 ± 0,2
3. Лимонная кислота	0,2	3,55	230 ± 7	4,1 ± 0,2
4. Лимонная кислота	0,4	3,40	220 ± 9	3,9 ± 0,3
5. Яблочная кислота	0,4	3,50	218 ± 8	3,8 ± 0,2
6. Пектин цитрусовый	0,5	3,85	250 ± 10	4,2 ± 0,2
7. Пектин цитрусовый	0,8	3,90	265 ± 9	4,3 ± 0,2
8. Агар-агар (дополнительно)	0,3	3,76	275 ± 11	4,0 ± 0,3
9. Лимонная к-та 0,4% + пектин 0,5%	0,4 + 0,5	3,52	305 ± 10	4,8 ± 0,1

Примечание: дозировки указаны в % к массе пюре (яблочного и перцевого в сумме)

Таблица 2. Условия планирования эксперимента и матрица ЦКП

Table 2. Experimental planning conditions and the CCP matrix

Фактор	Обозначение	Натуральное значение	Кодированное значение			
			-1	0	+1	+ α (+1,414)
Лимонная кислота, %	X_1	- α (-1,414)	-1	0	+1	+ α (+1,414)
Пектин, %	X_2	0,16	0,2	0,4	0,6	0,64

Таблица 3. Матрица ЦКП и экспериментальные значения откликов
Table 3. The CCP matrix and experimental response values

№	X ₁ (код)	X ₂ (код)	X ₁ (нат.)	X ₂ (нат.)	Y ₁ (прочность, г)	Y ₂ (органолептическая оценка, балл)
1	-1	-1	0,2	0,5	190	4,15
2	+1	-1	0,6	0,5	179	4,08
3	-1	+1	0,2	1,5	188	4,22
4	+1	+1	0,6	1,5	165	3,98
5	-1,414	0	0,16	1,0	195	4,20
6	+1,414	0	0,64	1,0	183	4,10
7	0	-1,414	0,4	0,29	207	4,30
8	0	+1,414	0,4	1,71	210	4,55
9	0	0	0,4	1,0	225	4,78
10	0	0	0,4	1,0	226	4,77
11	0	0	0,4	1,0	224	4,78
12	0	0	0,4	1,0	227	4,79
13	0	0	0,4	1,0	223	4,76

Уравнение регрессии для прочности (Y₁) в кодированных значениях факторов:

$$Y_1 = 225,0 - 4,2X_1 + 2,1X_2 - 3,1X_1^2 - 7,8X_2^2 - 3,0X_1X_2$$

Уравнение регрессии для органолептической оценки (Y₂) в кодированных значениях факторов:

$$Y_2 = 4,78 - 0,04X_1 + 0,10X_2 - 0,11X_1^2 - 0,18X_2^2 - 0,04X_1X_2$$

Проверка по критерию Фишера показала, что обе модели адекватны при 95%-ном уровне значимости ($F_{расч} < F_{табл}$). Коэффициенты детерминации (R²) составили 0,92 и 0,94 для Y₁ и Y₂ соответственно, что свидетельствует о хорошем соответствии моделей экспериментальным данным.

На рисунках 1 и 2 представлены полученные зависимости – трехмерные поверхности отклика.

Анализ поверхностей отклика показывает, что оба показателя качества достигают максимальных значений в области средних концентраций исследуемых факторов. На рисунке 3 с помощью двумерных сечений поверхностей отклика была определена область оптимума.

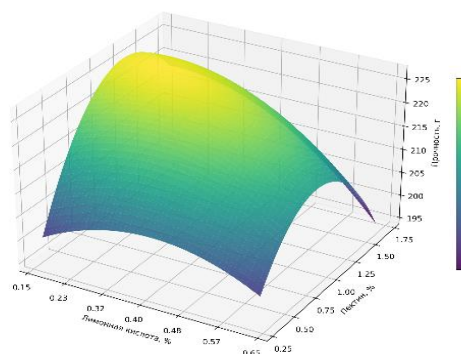


Рис. 1. Поверхность отклика, характеризующая зависимость прочности зефира (Y₁, г) от концентрации лимонной кислоты (X₁) и пектина (X₂)

Fig. 1. Response surface characterizing the dependence of marshmallow strength (Y₁, g) on the concentration of citric acid (X₁) and pectin (X₂)

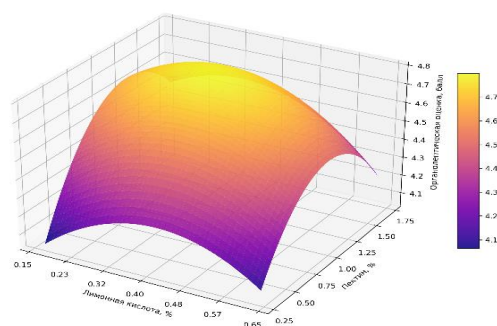


Рис. 2. Поверхность отклика, характеризующая зависимость органолептической оценки зефира (Y₂, балл) от концентрации лимонной кислоты (X₁) и пектина (X₂)

Fig. 2. Response surface characterizing the dependence of the organoleptic assessment of marshmallow (Y₂, points) on the concentration of citric acid (X₁) and pectin (X₂)

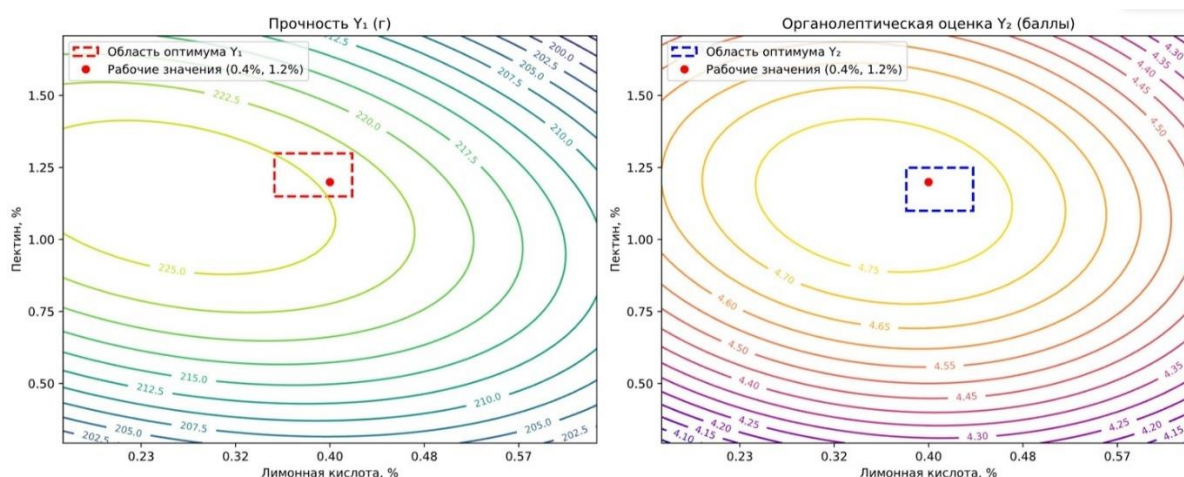


Рис. 3. Двумерные сечения поверхностей отклика для прочности и органолептической оценки (линии равных значений)

Fig. 3. Two-dimensional sections of response surfaces for strength and organoleptic assessment (lines of equal values)

Максимум прочности (Y_1) наблюдается в области значений $X_1 = 0,35-0,42\%$ и $X_2 = 1,15-1,30\%$. Максимум органолептической оценки (Y_2) смещен в область $X_1 = 0,38-0,44\%$ и $X_2 = 1,10-1,25\%$. С учетом требований к готовому продукту (высокие прочность и органолептические свойства) за оптимальную область приняты следующие значения: лимонная кислота 0,38-0,42%, пектин 1,1-1,2 % к массе пюре. В качестве рабочих значений выбраны: лимонная кислота – 0,4 %, пектин – 1,2 %.

Влияние способа внесения лимонной кислоты.

Для выбранных оптимальных дозировок исследовали два способа внесения кислоты: А – растворение кислоты в смеси пюре перед сбиванием; Б – внесение кислоты в горячий агаро-сахарный сироп после его уваривания. В таблице 4 представлены результаты.

Внесение кислоты в пюре (способ А) обеспечило более высокую прочность го-

тового продукта (226 г против 218 г) и лучшую органолептическую оценку. Вероятно, это связано с тем, что при внесении кислоты в сироп и последующем его уваривании создаются условия для частичной инверсии сахарозы и более интенсивного термического воздействия на пигменты перца (каротиноиды), что привело к появлению нежелательного сероватого оттенка. При внесении кислоты непосредственно в пюре рН массы оптимизируется до начала интенсивного нагрева, что позволяет сохранить цвет и создать более благоприятные условия для пенообразования. На основании полученных данных для итоговой технологии рекомендован способ А.

Разработка рецептуры зефира с использованием пюре из сладкого перца.

В таблице 5 приведена разработанная на основе проведенных исследований рецептура зефира с заменой 30 % яблочного пюре на перцевое.

Таблица 4. Сравнение способов внесения лимонной кислоты
Table 4. Comparison of methods for applying citric acid

Показатель	Способ А (в пюре)	Способ Б (в сироп)
рН массы после смешивания	3,62 ± 0,03	3,58 ± 0,04
Время сбивания до пика, мин	7,5 ± 0,2	7,8 ± 0,3
Прочность зефира, г	226 ± 8	218 ± 9
Органолептическая оценка, балл	4,8 ± 0,2	4,7 ± 0,2
Цвет	Светло-оранжевый	Светло оранжевый с сероватым оттенком

Таблица 5. Рецепт зефира с использованием пюре из сладкого перца
(расход на 1000 г готовой продукции)

Table 5. Recipe for marshmallows using sweet pepper puree
(consumption per 1000 g of finished product)

Компонент	Масса, г
Пюре яблочное	280
Пюре из сладкого перца	120
Сахар-песок	400
Патока	100
Агар-агар	8
Пектин цитрусовый	12
Яичный белок сухой	15
Лимонная кислота	4
Вода для агара	200
ИТОГО загружено сырья	1139

Примечание: расхождение между массой загруженного сырья (1139 г) и выходом готового продукта (1000 г) объясняется потерями сухих веществ при уваривании сиропа, а также потерей влаги при сушке зефира, что соответствует технологическим нормам для данного вида изделий.

Разработанная рецептура и технологическая схема (подготовка пюре с внесением лимонной кислоты, приготовление агаро-сахарного сиропа, сбивание массы с белком, отсадка, сушка) позволяют получить зефир с заданными характеристиками. Готовый продукт имеет приятный оранжевый цвет, упругую нежную консистенцию, сбалансированный кисло-сладкий вкус с легким перцевым оттенком и соответствует требованиям ГОСТ 6441–2014 «Изделия кондитерские пастильные».

Выводы

1. В результате проведенных исследований разработаны научно обоснованные технологические решения, позволяющие нивелировать негативные эффекты (повышение pH, ухудшение структурообразования и пенообразования) при замене 30% яблочного пюре на пюре из сладкого перца в производстве зефира.

2. По результатам скрининга различных корректоров установлено, что наиболее эффективным является совместное применение лимонной кислоты и цитрусового пектина. Комбинация этих добавок позволяет скорректировать pH зефирной массы до оптимальных значений (3,52) и компенсировать недостаток собственных пектиновых веществ в перцевом пюре, обеспечивая прочность 305 г и органолептическую оценку 4,8 балла.

3. С использованием центрального композиционного планирования получены адекватные регрессионные модели ($R^2 = 0,92-0,94$), описывающие зависимость прочности и органолептической оценки зефира от концентраций лимонной кислоты и пектина. Методом анализа поверхностей отклика определены оптимальные дозировки корректоров к массе пюре: лимонная кислота – 0,38-0,42 %, пектин – 1,1-1,2 %.

4. Экспериментально доказано, что способ внесения лимонной кислоты оказывает значимое влияние на качество готового продукта. Внесение кислоты непосредственно в смесь пюре перед сбиванием (способ А) по сравнению с внесением в горячий сироп (способ Б) обеспечивает более высокую прочность (226 ± 8 г против 218 ± 9 г), лучшие органолептические показатели ($4,8 \pm 0,2$ балла) и позволяет сохранить цвет готового изделия.

5. Разработана рецептура и технологическая схема производства нового вида зефира с использованием пюре из сладкого перца. Готовый продукт характеризуется прочностью 225 ± 8 г, органолептической оценкой 4,8 балла, имеет приятный оранжевый цвет, упругую нежную консистенцию и соответствует требованиям ГОСТ 6441–2014. Полученные результаты могут быть рекомендованы кондитерским предприятиям для расширения ассортимента продукции с использованием овощного сырья.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скрипников Ю.Г. Химия и технология плодово-ягодных и овощных пюре. М.: Пищевая промышленность, 2018. 240 с.
2. Магомедов Г.О., Олейникова А.Я. Технология зефира с использованием нетрадиционного сырья // Кондитерское производство. 2020. № 3. С. 12-15.
3. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 2016. 280 с.
4. Осовская И.И., Баранова А. Е. Оптимизация условий образования стойкого геля из агара // Химия растительного сырья. 2023. № 2. С. 71-78. DOI 10.14258/jcprm.20230211723. EDN IMDSGF.
5. Foshchan A. The use of combined structuring agents of various origins in the production of jelly products // Вестник Алматинского технологического университета. 2023. No. 2. P. 147-156. DOI 10.48184/2304-568X-2023-2-147-156. EDN NBTRQH.
6. Черевко А.И., Михайлова В.М. Энциклопедия питания. Т. 6. Процессы, происходящие в продуктах при обработке. М.: КноРус, 2021.
7. Соколовский А.Л. Технология кондитерских производств. М.: Пищепромиздат, 2018.
8. Разработка нового вида зефира черносмородинового с использованием базилика / Н.В. Присухина [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2020. № 3(156). С. 135-14.
9. Zimbru R.O., Pădureț S., Amariei S. Effect of aeration on physicochemical, color and texture characteristics of confectionery foams // Ukrainian Food Journal. 2020. Vol. 9, No. 1. P. 99-110. DOI 10.24263/2304-974x-2020-9-1-9. EDN QFLOEQ.
10. Бакина А.П., Камоза Т.Л. Перспективы использования пюре из мякоти тыквы и джема из ягод красной смородины при производстве зефира // Вестник КрасГАУ. 2020. № 6(159). С. 207-214. DOI 10.36718/1819-4036-2020-6-207-214. EDN ILOUPZ.
11. Дугарова И.К., Жалсараева Б.Д., Шотхоноева Я.Л. К вопросу об эффективном использовании вторичных сырьевых ресурсов облепихи // Вестник ВСГУТУ. 2023. № 1(88). С. 5-13. DOI 10.53980/24131997_2023_1_5. EDN ZZQMEF.
12. Marcus J.B. Diet and Disease: Healthy Choices for Disease Prevention and Diet Management: Practical Applications for Nutrition, Food Science and Culinary Professionals. 2-е изд. Academic Press, 2026. С. 483-566. DOI: 10.1016/B978-0-443-16004-2.00009-4.
13. Антипова Н.Ю. Диетические и лекарственные свойства перца сладкого [Электронный ресурс] // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2021. № 8-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dieticheskie-i-lekarstvennye-svoystva-pertsasladkogo> (дата обращения: 29.06.2025).
14. Котвицкая Д.В., Щербакова Е.В. Обоснование использования нетрадиционного растительного сырья в производстве сбивных кондитерских изделий // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам Семьдесят восьмой научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2022 год: в 3-х ч. Ч. 1. Краснодар: КубГАУ имени И.Т. Трубилина, 2023. С. 932-934. EDN: NFIXFF.
15. Белкина Л.Н., Артюхова С.И. Технология производства зефира с использованием биологически активных добавок [Электронный ресурс] // ОмГТУ. 2014. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-proizvodstva-zefira-s-ispolzovaniem-biologicheskii-aktivnyh-dobavok> (дата обращения: 13.10.2025).
16. Ростовский аналитический центр «Рынок кондитерских изделий в РФ»: [сайт]. Ростов н/Д, 2023. URL: <https://gauriac.donland.ru/> (дата обращения: 26.06.2025).

17. Янова М.А., Ларькина А.В., Сазонова А.В. Разработка нового вида кондитерского изделия пастильной группы (зефира) с добавлением яблочно-морковного пюре [Электронный ресурс] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 2 (191). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-novogo-vida-konditerskogo-izdeliya-pastilnoy-gruppy-zefira-s-dobavleniem-yablochno-morkovnogo-pyure> (дата обращения: 13.10.2025).
18. Ашихмина А.А., Вершинина О.Л. Использование нетрадиционного растительного сырья в хлебопечении // Молодежная наука: сборник лучших научных работ молодых ученых: материалы ЛП студенческой научной конференции (Краснодар, 20 мая 2025 г.). Краснодар: КубГТУ, 2025. С. 389-399. EDN FJZMFR.
19. ГОСТ 6441–2014. Изделия кондитерские пастильные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. 10 с. Введен 2015–01–01.
20. ГОСТ ISO 6658–2016. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62936/> (дата обращения: 29.06.2025).

REFERENCES

1. Skripnikov Yu.G. Chemistry and technology of fruit, berry, and vegetable purees. Moscow: Food Industry, 2018. 240 p. [In Russ.]
2. Magomedov G.O., Oleynikova A.Ya. Marshmallow technology using non-traditional raw materials // Confectionery Production. 2020. No. 3. P. 12-15. [In Russ.]
3. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovsky Yu.V. experimental planning in the search for optimal conditions. Moscow: Science, 2016. 280 p. [In Russ.]
4. Osovskaya I.I., Baranova A.E. Optimization of conditions for the formation of a stable gel from agar-agar // Chemistry of Plant Raw Materials. 2023. No. 2. P. 71-78. DOI 10.14258/jcprm.20230211723. EDN IMDSGF. [In Russ.]
5. Foshchan A. The use of combined structuring agents of various origins in the production of jelly products // Bulletin of Almaty Technological University. 2023. No. 2. P. 147-156. DOI 10.48184/2304-568X-2023-2-147-156. EDN NBTRQH.
6. Cherevko A.I., Mikhailova V.M. Encyclopedia of Nutrition. Vol. 6. Processes occurring in products during processing. Moscow: Knorus, 2021. [In Russ.]
7. Sokolovsky A.L. Technology of confectionery production. M.: Pishchepromizdat, 2018. [In Russ.]
8. Development of a new type of blackcurrant marshmallow using basil / N. V. Prisukhina [et al.] // Bulletin of KrasSAU. 2020. No. 3 (156). P. 135-14. [In Russ.]
9. Zimbru R.O., Pădureț S., Amariei S. Effect of aeration on physicochemical, color, and texture characteristics of confectionery foams // Ukrainian Food Journal. 2020. Vol. 9, No. 1. P. 99-110. DOI 10.24263/2304-974x-2020-9-1-9. EDN QFLOEQ.
10. Bakina A.P., Kamožha T.L. Prospects for the use of pumpkin pulp puree and red currant jam in the production of marshmallows // Vestnik of KrasSAU. 2020. No. 6 (159). P. 207-214. DOI 10.36718/1819-4036-2020-6-207-214. EDN ILOUPZ. [In Russ.]
11. Dugarova I.K., Zhalsaraeva B.D., Shotkhonoeva Ya.L. On the efficient use of secondary sea buckthorn raw materials // Vestnik of VSGUTU. 2023. No. 1(88). P. 5-13. DOI 10.53980/24131997_2023_1_5. EDN ZZQMEF.
12. Marcus J.B. Diet and Disease: Healthy Choices for Disease Prevention and Diet Management: Practical Applications for Nutrition, Food Science, and Culinary Professionals. 2nd ed. Academic Press, 2026. pp. 483-566. DOI: 10.1016/B978-0-443-16004-2.00009-4.
13. Antipova N.Yu. Dietary and medicinal properties of sweet pepper [Electronic resource] // International Journal of Humanitarian and Natural Sciences. 2021. No. 8-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dieticheskie-i-lekarstvennyie-svoystva-pertsy-sladkogo> (accessed on June 29, 2025). [In Russ.]
14. Kotvitskaya D.V., Shcherbakova E.V. Justification for the use of non-traditional plant materials in the production of whipped confectionery // Scientific support for the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the Seventy-eighth scientific and practical conference of students on the results of research for 2022: in 3 parts. Part 1. Krasnodar: KubSAU named after I.T.

Trubilin, 2023. P. 932-934. EDN: NFIXFF. [In Russ.]

15. Belkina L.N., Artyukhova S.I. Technology of marshmallow production using biologically active additives [Electronic resource] // Omsk State Technical University. 2014. No. 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-proizvodstva-zefira-s-ispolzovaniem-biologicheskii-aktivnyh-dobavok> (accessed on 13.10.2025). [In Russ.]

16. Rostov Analytical Center “Confectionery Market in the Russian Federation”: [website]. Rostov n / D, 2023. URL: <https://gauriac.donland.ru/> (access on 26.06.2025). [In Russ.]

17. Yanova M.A., Larkina A.V., Sazonova A.V. Development of a new type of pastille confectionery product (marshmallow) with the addition of apple-carrot puree [Electronic resource] // Bulletin of KrasSAU. 2023. No. 2 (191). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-novogo-vida-konditerskogo-izdeliya-pastilnoy-gruppy-zefira-s-dobavleniem-yablochno-morkovnogo-pyure> (accessed on 13.10.2025). [In Russ.]

18. Ashikhmina A.A., Vershinina, O.L. Use of non-traditional plant-based raw materials in bakery // Youth science: collection of the best scientific works of young scientists: proceedings of the LII student scientific conference (Krasnodar, May 20, 2025). Krasnodar: KubSTU, 2025. P. 389-399. EDN FJZMFR. [In Russ.]

19. GOST 6441–2014. Pastille confectionery products. General specifications. Moscow: Standartinform, 2015. 10 p. Introduced 2015-01-01. [In Russ.]

20. GOST ISO 6658–2016. Organoleptic analysis. Methodology. General guidelines [Electronic resource]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62936/> (accessed: 29.06.2025). [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Котвицкая Дарья Вадимовна, аспирант по специальности «Пищевые системы», Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Россия; 350901, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. 40 - летия Победы, 39, ORCID: 0009-0000-9616-762X, e- mail: daryakotvitskaya@gmail.com

Першакова Татьяна Викторовна, ведущий научный сотрудник отдела хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья, д-р. техн. н., доцент, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Россия, 350901, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. 40 - летия Победы, 39, ORCID: 0000-0002-8528-0966, e- mail: 7999997@inbox.ru

Darya V. Kotvitskaya, Postgraduate student, The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking, Russia; 350901, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. 40 - летия Победы, 39, ORCID: 0009-0000-9616-762X, e- mail: daryakotvitskaya@gmail.com

Tatyana V. Pershakova, Dr Sci. (Eng.), Leading Researcher, the Department of Storage and Complex Processing of Agricultural Raw Materials, Associate Professor, The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking, Russia, 350901, the Krasnodar Territory, Krasnodar, 39 40th Anniversary of Victory str., ORCID: 0000-0002-8528-0966 e- mail: 7999997@inbox.ru

Заявленный вклад авторов

Першакова Татьяна Викторовна – разработка методики исследования, валидация данных.
Котвицкая Дарья Вадимовна – проведение эксперимента, подбор литературных источников, оформление статьи по требованиям журнала.

Claimed contribution of the authors

Tatyana V. Pershakova – developed the research methodology and validated the data.

Daria V. – Kotvitskaya conducted the experiment, selected references, and formatted the article according to the requirements of the Journal.

Поступила в редакцию 13.01.2026

Поступила после рецензирования 17.02.2026

Принята к публикации 18.02.2026

Received 13.01.2026

Revised 17.02.2026

Accepted 18.02.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-63-77>

УДК 664.951:665.213:574.6



Ферментативное выделение и исследование жира из вторичного рыбного сырья для использования в биотехнологии

О.Я. Мезенова✉¹, С.В. Агафонова¹, Н.О. Жила², Н.Ю. Романенко¹,
Н.С. Калинина¹, В.В. Волков¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»;
г. Калининград, Российская Федерация,
✉mezenova@klgtu.ru

²Институт биофизики Сибирского отделения РАН;
г. Красноярск, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Жир из рыбных отходов является перспективным углеродным субстратом в микробной биотехнологии. **Целью** работы являлось исследование ферментативно выделенного из рыбных голов жира для использования в микробном синтезе в качестве источника углерода при получении продуктов биотехнологии. **Объекты и методы исследования.** Липидную фракцию извлекали из рыбных отходов консервного производства воздействием микробной протеазы Alcalase. В полученных жировых массах определяли показатели эффективности извлечения, наличие примесей и показатели гидролитической и окислительной порчи. Биологическую эффективность жиров оценивали по составу жирных кислот алкилглицеридов. **Результаты и обсуждение.** Жиры из голов копченой кильки имели небольшой разброс значений показателей качества: кислотное число 1,7-2,4 мг КОН/г жира; перекисное число 17,3-25,5 ммоль активного кислорода/кг; тиобарбитуровое число 1,36-1,56 ед. оптической плотности; анизидиновое число 21,2-24,1 у.е. Жиры из голов скумбрии характеризовались более широкими значениями показателей: кислотное число 22,7-32,9 мг КОН/г жира; перекисное число 66,3-81,43 ммоль активного кислорода/кг; тиобарбитуровое число 2,62-3,16 ед. оптической плотности; анизидиновое число 65,2-71,4 у.е. Во всех партиях жира отмечено высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот (25,5-31,9%), кислот семейства омега 3 (24,7-25,8%), длинноцепочечных жирных кислот (28,6-51,4%). **Заключение.** Показатели качества жира, ферментативно выделенного из рыбных голов, позволили его использовать в микробной биотехнологии. В Институте биофизики Сибирского отделения РАН на данных жировых субстратах были получены биоразлагаемые полигидроксиалканоаты с высокими технологическими свойствами.

Ключевые слова: жир из рыбных голов, ферментативная экстракция, показатели качества жира, полиненасыщенные жирные кислоты, продукты микробной биотехнологии

Для цитирования: Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Жила Н.О., Романенко Н.Ю., Калинина Н.С., Волков В.В. Ферментативное выделение и исследование жира из вторичного рыбного сырья для использования в биотехнологии. *Новые технологии / New technologies*. 2026; (1):63-77. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-63-77>

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-64-10007, <https://rscf.ru/project/23-64-10007/>

Enzymatic isolation and investigation of oil from secondary fish raw materials for the use in biotechnology

O.Ya. Mezenova✉¹, S.V. Agafonova¹, N.O. Zhila²,
N.Yu. Romanenko¹, N.S. Kalinina¹, V.V. Volkov¹

¹Kaliningrad State Technical University;
Kaliningrad, the Russian Federation,
✉mezenova@klgtu.ru

²Institute of Biophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences;
Krasnoyarsk, the Russian Federation

Abstract. Introduction. Fish waste oil is a promising carbon substrate in microbial biotechnology. **The goal of the research** was to investigate the oil enzymatically isolated from fish heads for the use in microbial synthesis as a carbon source to obtain biotechnology products. **The objects and methods of the research.** The lipid fraction was extracted from fish canning waste by the action of the Alcalase microbial protease. The extraction efficiency, impurity presence, and hydrolytic and oxidative spoilage rates were determined in the obtained fat masses. The biological efficiency of the fats was assessed by the composition of alkylglyceride fatty acids. **The results and discussion.** Oil from smoked sprat heads had a small spread of quality indicator values: acid number 1.7-2.4 mg KOH/g fat; peroxide number 17.3-25.5 mmol active oxygen/kg; thiobarbituric number 1.36-1.56 optical density units; anisidine value of 21.2-24.1 c.u. Oil from mackerel heads were characterized by wider values of the following indicators: acid value of 22.7-32.9 mg KOH/g of fat; peroxide value of 66.3-81.43 mmol of active oxygen/kg; thiobarbituric value of 2.62-3.16 units of optical density; anisidine value of 65.2-71.4 c.u. All batches of oil were characterized by high content of polyunsaturated fatty acids (25.5-31.9%), omega 3 acids (24.7-25.8%), long-chain fatty acids (28.6-51.4%). **Conclusion.** The quality indicators of fat enzymatically isolated from fish heads allowed its use in microbial biotechnology. At the Institute of Biophysics, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, biodegradable polyhydroxyalkanoates with high technological properties have been obtained using these fat substrates.

Keywords: fish head oil, enzymatic extraction, fat quality indicators, polyunsaturated fatty acids, microbial biotechnology products

For citation: Mezenova O. Ya., Agafonova S. V., Zhila N. O., Romanenko N. Yu., Kalinina N. S., Volkov V. V. Enzymatic isolation and investigation of oil from secondary fish raw materials for the use in biotechnology. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; (1):63-77. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-63-77>

Acknowledgments. The research was supported by grant No. 23-64-10007 from the Russian Science Foundation, <https://rscf.ru/project/23-64-10007/>

Введение. Актуальность полного использования потенциала рыбного сырья, в том числе так называемых рыбных отходов (непищевых частей, остающихся при разделке рыб на рыбоперерабатывающих производствах), отражена в ведущих стратегических документах по развитию национальной рыбной промышленности. В России при вылове в последние годы около 5 млн. тонн рыбы около 50% данной биомассы теряется в виде некондиционного

сырья и отходов, в том числе при транспортировке, первичной обработке и в процессе производства рыбной продукции [1, 2].

Все рыбные отходы (головы, кости, внутренности и др.) являются ценным жировым рыбным сырьем, так как содержат в своем составе липиды, выполняющие важные физиологические функции при жизни рыб. Их количество сильно зависит от вида рыбы и характера ткани (от 0,3% до 63,8%) [1-4]. Все рыбные жиры (тканевые и вто-

ричного сырья) содержат уникальные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), в том числе жирные кислоты семейства омега 3 [2-5]. Спецификой рыбных жиров является их нестойкость в хранении, быстрый распад алкилглицеридов с образованием свободных жирных кислот, которые под действием кислорода воздуха в местах двойных связей образуют перекиси и гидроперекиси, деградирующие до токсичных низкомолекулярных альдегидов, кетон и оксикислот, понижая уровень качества жира до «непищевого» [3, 4]. Имеющиеся немногочисленные технологии переработки некондиционных рыбных жиров трудоемки и мало реализуемы (получение биотоплива, технических масел, свободных жирных кислот и др.) [6, 7].

В современных исследованиях обоснованы различные направления по использованию рыбных отходов, в том числе на пищевые, кормовые и технические цели [1, 2]. Однако в опубликованных работах недостаточно информации о специфических свойствах жиров из рыбных отходов, особенностях их состава, возможностях химического потенциала, зависящего от вида рыбы, ее тканей и технологий выделения. В реальности побочные ткани рыб, накапливающиеся на промышленных рыбозаводах при выработке пищевой продукции, из-за быстрой порчи не перерабатываются даже на кормовые полуфабрикаты. В лучшем случае они продаются в агрохозяйства по низким ценам, но чаще уничтожаются различными способами.

Перспективным путем утилизации жиросодержащих рыбных отходов является микробиологическая биоконверсия рыбных жиров с помощью водородокисляющих бактерий, которые способны синтезировать одноклеточные белки и ряд запасных органических соединений, включая полигидроксиалканоаты (ПГА) – биосовместимые и биоразлагаемые полимеры [8, 9]. На сегодняшний день известно более 300 видов микроорганизмов, способных к синтезу ПГА: *Azotobacter*, *Alcaligenes*,

Bacillus, *Nocardia*, *Methylobacter*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Zoogloea*, *Chloroglaea*, *Haloferax*, *Chromatium*, *Rhodospirillum*. Среди автотрофных микроорганизмов наиболее изученными и эффективно окисляющими водород с образованием ПГА является бактерия *Cupriavidus necator* (*Ralstonia eutropha*). ПГА находят широкое применение при изготовлении материалов для пищевой и медицинской промышленности, предметов бытового обихода. Сдерживающим фактором в производстве ПГА является их высокая стоимость, обусловленная, прежде всего, стоимостью сырья для их производства. В основном в качестве питательного субстрата при синтезе ПГА используют глюкозу и другие углеводы, глицерин, метан, этанол, растительные масла и животные жиры, которые достаточно дорого стоят. В связи с этим применение в качестве субстрата возобновляемого и дешевого жира из вторичного рыбного сырья является рациональной альтернативой традиционным источникам. Некондиционный рыбный жир из непищевых частей рыбы может явиться новым доступным и перспективным источником углерода, востребованным в микробном синтезе биоразлагаемых полимеров нового поколения [8-11].

Преимуществом рыбных жиров, содержащихся в рыбных отходах даже пониженного качества, является их жидкая консистенция, которая отличает их от животных жиров (свиного, говяжьего и др.). Такое структурное состояние рыбных липидов обусловлено наличием повышенного количества полиненасыщенных длинноцепочечных жирных кислот (18С-22С). Именно данные кислоты являются благоприятным источником углерода, необходимым для развития автотрофных микроорганизмов, синтезирующих полигидроксиалканоаты при дефиците питательного азота. Мировой интерес к ПГА микробного происхождения связан с их высокими экологическими и технологическими свойствами – биodeградируемостью, биобезопасностью, термо-

стойкостью, прочностью, низкой кристаллическостью, пластичностью и другими характеристиками, которые обуславливают перспективу их использования в качестве альтернативы синтетическим пластикам [8-11].

Доказано, что при варьировании химических, питательных и/или ферментативных процессов микробного синтеза получаемые биополимеры могут приобретать заданные свойства, повышающие их использование в различных сферах [7, 9]. При ресурсной достаточности, экономической доступности, сырьевой возобновляемости и технологической эффективности рыбного жира представляется перспективным его получение из вторичного сырья и использование для промышленного развития данного направления биотехнологии. Позитивным итогом симбиоза рыбной и микробной биотехнологии стало бы повышение уровня эффективности рыбоперерабатывающей промышленности, приближение ее к экономике замкнутого цикла и решение экологической проблемы переработки отходов.

Калининградская область является ведущим регионом страны по производству рыбной продукции, прежде всего стерилизованных консервов. Лидером данной группы продуктов являются «Шпроты в масле», изготавливаемые из балтийской кильки, подвергающейся предварительному горячему копчению. Актуальной проблемой данного производства является удаление и аккумуляция рыбных копченых голов, содержащих фенольные, карбонильные и другие копильные ингредиенты. Такое сырье не подлежит переработке на кормовую продукцию (например, рыбную муку), так как содержит токсичные соединения, и подлежит утилизации, как правило, сжиганием. В настоящее время на 11 крупных рыбоконсервных предприятиях региона, вырабатывающих консервы «Шпроты в масле» из балтийской кильки, переработка данных отходов является большой проблемой. Они утилизируются высо-

котемпературным пиролизом как твердые бытовые отходы, по этой причине предприятия несут огромные убытки, при этом засоряется природная среда, появляются экологические проблемы [12-15].

Ежедневно в Калининградском регионе накапливается от 10 до 20 тонн голов копченой кильки. Этот огромный биологический ресурс, обладающий высоким органическим потенциалом и содержащий уникальные биологически активные вещества, в том числе рыбные липиды (8-25%), полноценные белки (15-19%), минеральные вещества (2-5%) и витамины, практически не используется, несмотря на востребованность в промышленной биотехнологии.

На рыбопромышленных предприятиях Калининградской области в повышенных масштабах образуются также отходы от производства пищевой продукции из скумбрии. Данный вид рыбы является широко распространенным объектом лова в России, она обитает во всех океанах мира [1]. Объем ее вылова на протяжении последних 10 лет составлял около 3% от всех уловов России, что объясняется обширным ареалом обитания, высокой миграционной способностью, особенностям образа жизни и хозяйственным значением данного вида рыбы. Скумбрия имеет повышенную жирность (от 9 до 16%), богата витаминами группы В, не содержит мелких костей, ее мясо нежное и вкусное. Из скумбрии изготавливают широкий ассортимент пищевой рыбной продукции, она используется для консервов, пресервов, в технологии посола, копчения, при выработке кулинарных изделий [1, 2]. Рыбопереработка скумбрии сопровождается разделкой сырья, образованием отходов, количество которых на калининградских предприятиях составляет от 500 до 1500 кг в сутки. Данное вторичное рыбное сырье является перспективным источником рыбного жира, потенциально используемого в микробном синтезе продуктов биотехнологии.

Анализ современных технологий извлечения жира из рыбных отходов, проведен-

ный в экспериментах по термической, ферментативной, комбинированной и ультразвуковой деструкции жиродержащих рыбных тканей с учетом критериев полноты извлечения и качества жира, показал наибольшую рациональность применения ферментативного способа, который позволяет экстрагировать около 80% всех содержащихся липидов [15-20]. В Институте биофизики СО РАН в лабораторных экспериментах с применением килечного и скумбриевого жира при ограниченном азотном питании биомассой бактерий *Cupriavidus necator* был синтезирован трехкомпонентный полимер, образованный мономерами 3-гидроксипропаната, 3-гидроксивалерата и 3-гидроксигексаноата при доминировании мономера 3-гидроксипропаната. Все сополимеры обладали способностью термически деградировать, имели молекулярную массу 590 - 620 кДа, высокие температуры плавления и деградации (соответственно 169-172°C и 278-285 °C) [10, 11]. На основе положительных результатов первых лабораторных экспериментов было рекомендовано их масштабировать, для чего использовать укрупненные партии рыбного жира, полученные способом ферментативной экстракции. Это позволило бы установить возможность синтеза разрушаемых «зеленых» биопластиков на промышленном оборудовании в повышенных количествах [14].

Целью работы являлось получение укрупненных партий жира из вторичного рыбного сырья с применением ферментативного способа экстракции и оценка уровня его качества, допустимого для обеспечения масштабирования биотехнологических исследований в Институте биофизики СО РАН по микробному синтезу биоразлагаемых пластиков при использовании рыбного жира в качестве источника углерода.

Объекты и методы исследования. В экспериментах использовали следующие рыбные отходы консервного производства: три партии копченых голов кильки (*Sprattus sprattus balticus*) и три партии голов скумбрии атлантической (*Scomber*

scombrus). В технологии извлечения жира применяли бактериальную протеазу «Alcalase», получаемую из генномодифицированного микроорганизма *Bacillus subtilis*, обладающую высокой эффективностью [21-22]. Экстракцию жира из измельченных рыбных голов проводили методом ферментативного разрушения жировых клеток при оптимизированных ранее условиях: температура рыбоводной смеси 60°C, продолжительность 60 минут; количество фермента алкалазы (% от массы сырья) 0,05% (головы копченой кильки) и 0,5% (головы скумбрии) [14, 15].

Проведение эксперимента начинали с реструктурирования сырья. К измельченной массе добавляли теплую воду с температурой 60°C при гидромодуле системы «рыба : вода», как 1 : 1, смесь тщательно перемешивали, вносили заданное количество фермента, помещали в шейкер с регулируемой температурой, где соблюдали режим ферментации. По окончании процесса биомассу нагревали для инактивации фермента до температуры 85°C, выдерживали 10 минут, затем охлаждали до 40°C, центрифугировали в течение 15 минут на аппарате Heraeus Megafuge 1.0 R при скорости вращения 3500 об./мин. для разделения дисперсии. Полученную жировую фракцию декантировали, взвешивали и исследовали.

В наработанных партиях рыбного жира определяли органолептические показатели (сенсорным методом) и уровень его качества по регламентированным и общепринятым физико-химическим характеристикам. Для оценки степени порчи жира полученные показатели сравнивали со значениями, свойственными свежим природным жирам данных видов рыб. Соответствие жира его природному качеству оценивали по числу омыления жира (ГОСТ 7636-85), характеризующему молекулярную массу жирных кислот. Степень гидролитических изменений липидов определяли по кислотному числу (ГОСТ 7636-85), показывающему содержание гидролизованных свободных жирных кислот, отщепившихся от триа-

цилглицеридов и фосфолипидов. Уровень первичного окисления жировых молекул анализировали непосредственно по значениям перекисного числа, а также косвенно по йодному числу (ГОСТ 7636-85), показывающему уменьшение количества двойных связей в молекулах жирных кислот. Дополнительно окислительный эффект оценивали по показателям анизидинового числа (ГОСТ 31756) и тиобарбитурового числа [13, 14], которые характеризуют накопление конечных низкомолекулярных продуктов окисления – альдегидов и кетонов. Нежелательное присутствие в экстрагируемых жировых фракциях воды определяли стандартными методами отгонки по ГОСТ 11812. Наличие примесей нежирового характера, нежелательных для качества жира, анализировали стандартным методом (ГОСТ 8714-2014). Содержание неомыляемых веществ (стеринов, белков, углеводов), понижающих качество жира, оценивали весовым методом по ГОСТ 7636-85. Жирнокислотный состав экстрагированных липидов устанавливали хроматографическим методом на хроматографе TRAXE GC 2000 Ultra FINNIGAN [14]. Статистическую обработку данных осуществляли общепринятыми методами на 95%-ом доверительном уровне.

Результаты и обсуждение. В процессе экспериментов по масштабированной ферментативной экстракции жира всего было переработано 6 партий рыбных голов и получено соответственно 6 партий рыбного жира: 3 партии жира – из голов копченой кильки и 3 партии жира – из голов скум-

брии атлантической. Общая масса жиров, выделенных из вторичного рыбного сырья, составила 10,4 л.

Органолептические свойства экстрагированных жиров существенно отличались. «Шпротный» килечный жир имел ярко-коричневый цвет, был прозрачным, его аромат и вкус имели небольшие оттенки горечи, свойственные копченостям из сельдевых рыб, без порочащих признаков. Скумбриевый жир был ярко желтым с оранжевым оттенком, непрозрачным, аромат и вкус имели явно выраженные оттенки окисленного рыбного жира.

Химический состав рыбных отходов и экстрагированных из них партий жира приведен в таблице 1.

Экспериментальные данные таблице 1 показывают, что разные партии сырья не одинаковы по химическому составу, что объясняется сезонными физиологическими колебаниями жира в развитии организма. При этом головы кильки во всех партиях более богаты жиром, чем головы скумбрии, что обусловлено природой сырья. В составе извлеченного жира в качестве примесей установлены вода (0,26-0,34%), белковые вещества (2,10-2,15%), минеральные компоненты (0,62-0,88%). Массовая доля липидной фракции в обеих партиях жира была примерно одинаковой (96,8-97,2%).

Показатели выхода и качества шести партий жира, выделенного в разное время из голов копченой кильки и голов скумбрии ферментативным методом с применением алкалазы, приведены в таблице 2.

Таблица 1. Содержание основных органических соединений в партиях рыбных отходов и ферментативно извлеченных жиров, % массы жира

Table 1. Content of main organic compounds in fish waste and enzymatically extracted oil, % of oil mass

Сырьевой источник	Вода	Белок	Жир	Минеральные вещества
Головы копченой кильки	46,7-52,2	21,4-23,9	19,2-22,1	5,8-7,3
Головы скумбрии	60,0-65,5	14,9-20,6	12,8-14,5	5,1-6,6
Жир из голов копченой кильки	0,26-0,30	2,10-2,15	97,0-97,4	0,84-0,88
Жир из голов скумбрии	0,30-0,34	2,05-2,15	96,8-97,2	0,62-0,66

Таблица 2. Показатели качества жира из голов копченой кильки и скумбрии
Table 2. Quality indicators of oil from smoked sprat and mackerel heads

Показатель качества	Жир из голов копченой кильки			Жир из голов скумбрии		
	1 партия	2 партия	3 партия	1 партия	2 партия	3 партия
Выход жира, г/100 г сырья / % от содержания жира в сырье	18,8/ 84,8	16,7/ 81,5	15,9/ 82,8	8,9/ 69,6	10,3/ 71,0	9,6/ 70,1
Кислотное число, мг КОН/г	1,7	1,8	2,4	23,6	22,7	32,8
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг	25,5	17,3	18,9	72,2	66,3	81,4
Тиобарбитуровое число, ед. оптической плотности	1,49	1,36	1,56	2,87	2,62	3,16
Анизидиновое число, у.е.	23,0	21,2	24,1	68,8	65,2	71,4
Йодное число, г йода /100 г	135,5	142,2	139,2	179,3	185,8	180,4
Число омыления, мг КОН/г	186,6	183,4	193,2	200,5	196,9	203,2
Неомыляемые вещества, %	2,66	2,12	2,34	4,51	3,73	4,36
Содержание влаги, %	0,31	0,22	0,28	0,51	0,43	0,45
Содержание примесей нежирового характера, %	0,81	0,78	0,69	2,13	1,89	2,24

Полученные экспериментальные данные процесса экстракции и качества жира показывают (табл.2), что извлечение жира из голов копченой кильки во всех партиях было достаточно эффективным. Выход жира составил 15,9-18,8% от массы рыбы, что соответствовало 81,5-84,8% от его количества в сырье

По степени гидролиза жира, индикатором которого является кислотное число, липидную фракцию из голов копченой кильки можно отнести к качественному продукту, т.к. значение показателя (1,7-2,4 мг КОН/г) не превышает уровня, установленного для пищевого жира из рыб и других гидробионтов (не более 4 мг КОН/г) в ГОСТ 8714-2014 «Жир пищевой из рыбы и водных млекопитающих»). Однако перекисное число всех образцов килечного жира (17,3-25,5 ммоль активного кислорода/кг жира) значительно превышает нормативный уровень безопасности, регламентированный в Техническом регламенте Таможенного Союза 021/2011 по показателям первичного окисления (не более 10 ммоль акт. кислорода/кг). В связи с интенсивным образованием в килечном жире перекисей и гидроперекисей под действием радикального автоокисления в жировой фракции начинают накапливаться низкомолекулярные альдегиды, кетоны и другие нежелательные вещества, приводящие к понижению качества липидов. Об их росте свидетельствуют достаточно высокие

значения тиобарбитурового числа (1,36-1,56 ед. оптической плотности) и анизидинового числа (21,2-23,0 у.е.), установленные во всех образцах.

Косвенным индикатором окисления жира является его йодное число, значения которого (135,5-142,2 г йода/100 г) были недостаточно высокими относительно свежего жира кильки (150-160 г йода/100 г) [2, 3, 5]. Установленные значения йодного числа в жирах кильки показывают, что двойные связи полиненасыщенных жирных кислот уже вступили во взаимодействие с кислородом, при этом жирные кислоты несколько видоизменили свою химическую природу, что привело к уменьшению биологической ценности жира.

Число омыления жира из голов копченой кильки во всех образцах было примерно одинаковым (183,4-193,2 мг КОН/г), соответствующим природным характеристикам килечного жира, отражающим его достаточно высокую молекулярную массу [2, 3]. Показатели содержания неомыляемых веществ (2,12-2,66 %), влаги (0,22-0,31%), примесей нежирового характера (0,69-0,81%) свидетельствуют о присутствии в полученных жирах нерастворимых примесей (фосфолипиды, свободные жирные кислоты, пигменты, углеводороды и др.), воды и других «загрязнителей». Согласно ГОСТ 8714-2014, массовая доля воды и примесей нежирового характера в пищевом жире из рыб и

водных млекопитающих не должна превышать соответственно 0,5% и 0,2%. Полученные данные свидетельствуют о недостаточной чистоте данного жира, содержащего в основном примеси органического характера. Однако данный факт не является отрицательным для жира, используемого в качестве источника углерода в биотехнологии микробного синтеза [8-12].

Характеристики жира, ферментативно выделенного из 3-х партий голов скумбрии (табл. 2), показывают его индивидуальную природу, отличную от природы жира кильки, а также особенности разрушения жировых клеток под действием алкалазы. Важно, что степень экстракции липидов во всех партиях тоже была достаточно высокой: выход жира составил 69,6-71,0 % от его содержания в сырье. Однако показатели гидролиза и окисления жира скумбрии были значительно хуже, чем в килечном жире, что свидетельствует о глубоких процессах его порчи. Так, кислотное число (23,6-32,8 мг КОН/г) в 6-8 раз превысило значение, регламентированное в ГОСТ 8714-2014, свидетельствуя о значительном количестве накопившихся в жире свободных жирных кислот. Значения перекисных чисел (66,3-81,4 ммоль активного кислорода/кг) в 6-8 раз превысили установленную в ТР ТС 021/2011 норму безопасности (10 ммоль активного кислорода /кг). О развитии окислительных процессов также свидетельствуют высокие значения тиобарбитурового числа (2,62-3,16 ед. оптической плотности) и анизидинового числа (65,2-71,4 у.е.), которые показывают накопление альдегидов, кетонов, оксикислот и других вторичных продуктов окисления [2, 3].

Значения йодного числа жиров скумбрии (179,3-185,8 г йода / 100 г) свидетельствует о неплохой сохранности полиненасыщенных жирных кислот, несмотря на идущие процессы окисления [4, 6].

Пределы варьирования числа омыления в жире скумбрии (196,9-200,5 мг КОН / г) показывают достаточно высокие молекулярные массы исследованных жиров. Этот показатель является благоприятным для

микробного синтеза продуктов биотехнологии, в процессе которого желательным наличием в субстрате длинноцепочечных жирных кислот [5, 6, 7].

Исследование содержания неомыляемых веществ (3,73-4,51%) показало их высокое наличие во всех образцах скумбриевого жира, что обусловлено их повышенным присутствием в природном жире [3, 4]. По этой же причине в жирах из голов скумбрии установлено повышенное количество воды (0,43-0,51%) и примесей нежирового характера (1,89-2,24 %). Этот факт, однако, нельзя считать отрицательным при использовании жира в качестве источника углерода в синтезе продуктов биотехнологии [9-13].

В наработанных укрупненных партиях жира был проанализирован жирнокислотный состав его липидов (табл. 3).

Методами жидкостной хроматографии анализа рыбных жиров установлено (табл. 3), что по видовому составу основных жирных кислот (ЖК) они аналогичны. Это характеризует их близкую природу как рыбных жиров, и специфические отличия от животных жиров и растительных масел. Однако сравнения в содержании индивидуальных жирных кислот показывают характерные особенности выделенных липидных фракций, установленные по количественным приоритетам в содержании отдельных жирных кислот. Главной насыщенной жирной кислотой является пальмитиновая (16:0), содержащаяся в жире из голов кильки и скумбрии соответственно 25,05% и 18,66% от массы всех ЖК. Однако по количеству моноеновых жирных кислот в образцах установлено существенное различие: в килечном жире основная массовая доля приходится на олеиновую кислоту (28,1%), тогда как в скумбриевом жире данной ЖК существенно меньше (13,5%). В группу моноеновых ЖК в данном жире входят также эйкозеновая ЖК (8,5%) и в повышенном количестве докозеновая ЖК (15,9%), которых очень мало в жире из голов кильки (соответственно 1,2% и 0,4%).

Таблица 3. Состав жирных кислот в партиях жира, полученных ферментализом голов копченой кильки и скумбрии с применением фермента алкалаза
Table 3. Composition of fatty acids in oils obtained by enzymolysis of smoked sprat and mackerel heads using the enzyme alcalase

Жирная кислота (ЖК)	Название ЖК	Жир из голов копченой кильки	Жир из голов скумбрии атлантической
14:0	миристиновая	4.35	5.46
<i>i</i> -14:0	изомиристиновая	0.31	0.13
<i>ai</i> -14:0	антиизо-миристиновая	0.40	-
15:0	пентадекановая	-	0.40
16:0	пальмитиновая	25.05	18.66
<i>i</i> -16:0	изо-пальмитиновая	-	0.16
<i>ai</i> -16:0	антиизо-пальмитиновая	0.25	-
16:0-7-CH ₃	7-метилпальмитиновая	0.45	0.30
16:1 ω 7	пальмитоолеиновая	0.30	0.21
16:2 ω 6	гексадекадиеновая	-	0.46
17:0	маргариновая	0.29	0.40
17:1	цис-10-гептадеценовая	0.36	0.24
18:0	стеариновая	1.48	4.89
18:1 ω 9	олеиновая	28.09	13.48
18:1 ω 7	вакценовая	2.28	2.46
18:2 ω 6	линолевая	4.95	-
18:3 ω 3	линоленовая	2.82	1.41
20:0	эйкозановая (арахиновая)	0.32	0.26
20:1 ω 9	эйкозеновая	1.19	8.49
20:2 ω 6	эйкозациеновая	0.39	0.19
20:3 ω 3 11,14,17	эйкозатриеновая	0.22	0.25
20:4 ω 6	эйкозатетраеновая	0.69	1.20
20:5 ω 3	тимнодоновая (эйкозопентаеновая)	9.08	7.73
22:0	бегеновая	0.37	-
22:1 ω 9	докозеновая	0.41	15.90
22:6 ω 3	докозогексаеновая	13.72	15.30
24:1 ω 9	нервоновая	2.24	2.03
Остальные*		1.6	0.6
Σ насыщ. ЖК		33,50	30,80
Σ ненасыщ. ЖК		66,50	69,20
Σ насыщ. ЖК/ Σ ненасыщ. ЖК		0,50	0,45
Σ моноен. ЖК		34,90	42,60
Σ полиен. ЖК		31,60	26,60
Σ ПНЖК ω 3		25,84	24,69
Σ длинноцеп. ЖК (свыше 19 атомов С)		28,63	51,35

**i*-14:0, *ai*-14:0, *i*-16:0, *ai*-16:0, 17:1

Следует отметить, что оба жира обладают высоким потенциалом по содержанию биологически активных жирных кислот, важных для микробного синтеза биополимеров – ненасыщенных и длинноцепочечных ЖК. Основным достоинством обеих партий жира является повышенная концентрация ненасыщенных жирных кислот, содержащих минимум одну двойную связь (66,5% и 69,2% соответственно в жирах из

кильки и скумбрии). Из полученных данных видно, что в жире из голов копченой кильки содержится несколько больше полиненасыщенных жирных (ПНЖК) кислот, чем в скумбриевом (соответственно 31,6% и 26,60%), что можно объяснить эффектом присутствия в килечном жире копильных компонентов, обуславливающих антиоксидантный защитный эффект ПНЖК. Установленной отличительной особенностью

липидов скумбрии является повышенное количество длинноцепочечных жирных кислот (51,4%), что намного превышает их количество в килечном жире (28,6%) и обусловлено видовой природой данных рыб. Полученные данные согласуются с ранее установленными показателями качества жира, выделенного из других партий рыбных отходов [14]. Достоинством обоих жиров является высокая доля ЖК семейства омега 3 (в килечном и скумбриевом жирах соответственно 25,8% и 24,7%), при этом основную массу в этой группе составляет докозогексаеновая кислота (соответственно 13,7% и 15,3%), молекула которой имеет 22 углеродных атома и обладает шестью двойными связями. Эта особенность состава жиров объясняется их природным обитанием в соленых водоемах в отличие от пресноводных рыб, в жирах которых преобладает эйкозапентаеновая ЖК, также относящаяся к ЖК семейства омега 3 [1,2].

Укрупненные партии жира, полученные ферментативной экстракцией из голов копченой кильки и скумбрии атлантической, были переданы в Институт биофизики Сибирского отделения РАН для биотехнологических испытаний. На основе данного сырья в специальных микробиологических экспериментах с применением штамма *Cupriavidus necator* В-10646 был получен ряд сополимеров полигидроксиалканоатов, основными из которых являлись 3-гидроксibuтират и 4-гидроксibuтират. Изучение их физико-химических характеристик (молекулярная масса, полидисперсность, степень кристалличности, темпера-

туры плавления и термической дегградации, биоразлагаемость и др.) показало их высокие молекулярные и термодинамические свойства, соответствующие требованиям биомедицины, предъявляемым при изготовлении костно-пластических имплантов [24]. Таким образом, жир пониженного качества, получаемый ферментативно из рыбных отходов, можно считать перспективным возобновляемым и экономически доступным субстратом для изготовления биоразлагаемых «зеленых» пластиков в промышленных масштабах [10, 25].

Выводы. Рыбное вторичное сырье, исследованное на примере голов копченой кильки и скумбрии атлантической, является перспективным источником биологически ценного жира, который можно получать в повышенных количествах из наиболее массовых рыбных отходов рыбопереработки – голов копченой кильки (отходы шпротного производства) и скумбрии атлантической. Исследование ферментативного процесса извлечения жира из повышенного количества данного сырья показало, что применение фермента алкалаза позволяет экстрагировать жир достаточно полно – на уровне 81,5-84,8%. Качество полученных жиров, детально проанализированное по регламентированным и традиционным показателям, состав его жирных кислот, а также положительные результаты по микробному синтезу на жировых субстратах биоразлагаемых пластиков полигидроксиалканоатов свидетельствуют о высоком потенциале жиров из вторичного рыбного сырья для развития промышленной биотехнологии.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пищевые технологии. Технологии рыбной промышленности: энциклопедия: в 2-х ч. Ч. 1 / отв. ред. Абрамова Л.С. М.: ВНИРО, 2019. 405 с.

2. Технология жиров из водных биологических ресурсов: монография / Боева Н.П. [и др.]. М.: ВНИРО, 2016. 107 с.
3. Агафонова С.В., Мезенова О.Я., Дамбарович Л.В. Оценка безопасности и биологической ценности очищенного жира из вторичного шпротного сырья // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2023. № 4 (393). С. 123-128. DOI: 10.26297/0579-3009.2023.4.21.
4. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: Benefits and Endpoints in Sport / Gammone M.A. [et al.] // *Nutrients*. 2019. No. 11. P. 46. DOI: 10.3390/nu11010046.
5. Alfio V.G., Manzo C., Micillo R. From Fish Waste to Value: An Overview of the Sustainable Recovery of Omega-3 for Food Supplements // *Molecules*. 2021. Vol. 26, No. 4. P. 1002. DOI: 10.3390/molecules26041002.
6. Петров Б.Ф. Переработка отходов производства рыбных жиров в смазочную добавку // Современная наука и инновации. 2023. No. 4. P. 72-78. DOI.org/10.37493/2307-910X.2023.4.8.
7. Fish waste oil extraction using supercritical CO₂ extraction for biodiesel production: Mathematical, and kinetic modeling / Shalfoh E. [et al.] // *Renewable Energy*. 2024. Vol. 220. P. 119659. DOI: 10.1016/j.renene.2023.119659.
8. Authors D.V. Thuoc V.T.M. Bioconversion of Crude Fish Oil Into Poly-3-hydroxybutyrate by *Ralstonia* sp. M91 // *Anh Applied Biochemistry and Microbiology*. 2021. Vol. 57, No. 2. P. 219-225.
9. Utilisation of tuna condensate waste from the canning industry as a novel substrate for polyhydroxyalkanoate production / Sangkharak K. [et al.] // *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2021. No. 11. P. 2053-2064 <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00581-4>.
10. Отходы рыбопереработки – перспективный субстрат для синтеза целевых продуктов биотехнологии / Жила Н.О. [и др.] // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология*. 2023. Т. 16, № 3. С. 386-397.
11. Properties of degradable polyhydroxyalkanoates synthesized from newwaster fish oils (WFO) / Zhila N.O. [et al.] // *Int. J. Mol. Sci*. 2023. Vol. 24, No. 16. P. 1-18. DOI:10.3390/ijms241914919.
12. Исследование процесса выделения жира из отходов рыбопереработки в качестве сырья для биотехнологического синтеза полигидроксиалканоев / Мезенова О.Я. [и др.] // *Вестник Международной академии холода*. 2024. № 1. С. 50-59. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-1-50-59.
13. Evaluation of the balance of oils from fish by-products / Agafonova S. V. [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 689. P. 012027. DOI: 10.1088/1755-1315/689/1/012027.
14. Исследование процесса ферментативного выделения жира из вторичного рыбного сырья для использования в качестве биотехнологического субстрата / Мезенова О.Я. [и др.] // *Пищевые и биотехнологии*. 2024. Т. 1, № 4. С. 62-73. DOI: 10.46845/1997-3071-2024-74-78-91/.
15. Сравнительная оценка способов извлечения из вторичного рыбного сырья жира, предназначенного для синтеза продуктов биотехнологии / Мезенова О.Я. [и др.] // *Научные труды Дальрыбвтуза*. 2025. Т. 71, № 1. С. 59-71. DOI:org/10.48612/dalrybvtuz/2025-71-07.
16. Optimization of fish oil extraction from *Lophius litulon* liver and fatty acid composition analysis / Hu Z. [et al.] // *Fisheries and Aquatic Sciences*. 2022. Vol. 25, No. 2. P. 76-89. DOI: 10.47853/FAS.2022.e8.
17. Enzymatic hydrolysis extraction and quality assessment of fish oil from Patin catfish (*Pangasius Hypophthalmus*) / Indera N.I.M. [et al.] // *Environmental Quality Management*. 2024. Vol. 33, No. 3. P. 91-101. DOI: 10.1002/tqem.21994.
18. Quality Assessment of Fish Oil Obtained after Enzymatic Hydrolysis of a Mixture of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Rest Raw Material Pretreated by High Pressure / Kotsoni E. [et al.] // *Marine drugs*. 2024. Vol. 22, No. 6. P. 261. DOI: 10.3390/md22060261.
19. Petrov B.F., Volkova T.P. Enzymatic method for obtaining fatty acid concentrate from fish oil // *IOP Conference Series: Earth Environmental Science*. 2022. Vol. 1052. P. 012084. DOI:10.1088/1755-1315/1052/1/012084.
20. Extraction of Proteins from Mackerel Fish Processing Waste Using Alcalase Enzyme / Ramakrishnan V.V. [etal.] // *Bioprocessing & Biotechniques*. 2013. No. 3(2). P. 1000130. DOI: 10.4172/2155-9821.1000130.

21. Oil extraction from *Pterygoplichthys pardalis* with Alcalase®2.4 L using Plackett-Burman experimental design / Gómez-Valdéz A.J. [et al.] // Applied Food Research. 2025. No. 5(2). P. 101226. DOI: 10.1016/j.afres.2025.101226.
22. Hao Extraction of fish oil from fish heads using ultra-high pressure pre-treatment prior to enzymatic hydrolysis / Zhang Y. [et al.] // Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2021. Vol. 70. P. 102670. DOI: 10.1016/j.ifset.2021.102670.
23. Waste Fish Oil is a Promising Substrate for Productive Synthesis of Degradable Polyhydroxyalkanoates / Kiselev E.G. [et al.] // Journal of Polymers and the Environment. 2024. Vol. 33, No. 2. P. 1022-1034. DOI: 10.1007/s10924-024-03461-9.
24. Киселев Е.Г., Демиденко А.В., Волова Т.Г. Изменение молекулярных и термических характеристик термопластичного биоразлагаемого сополимера в FDM-процессе // Пластические массы. 2025. № 3. С. 49-52. <https://doi.org/10.35164/0554-2901-2025-03-49-52>.
25. From Waste to Biopolymer: Synthesis of P(3HB-co-4HB) from Renewable Fish Oil / Volova T. [et al.] // Journal of Renewable Materials. 2025. Vol. 13, No. 3. P. 413-432. DOI: 10.32604/jrm.2024.058775.

REFERENCES

1. Food Technologies. Fishing Industry Technologies: An Encyclopedia: in 2. Parts. Part 1 / Ed. by Abramova L.S. Moscow: VNIRO, 2019. 405 p. [In Russ.]
2. Technology of fats from aquatic biological resources: a monograph / Boeva N.P. [et al.]. Moscow: VNIRO, 2016. 107 p. [In Russ.]
3. Agafonova S.V., Mezenova O.Ya., Dambarovich, L.V. Assessment of the safety and biological value of purified fat from secondary sprat raw materials // News of Higher Educational Institutions. Food Technology. 2023. No. 4 (393). P. 123-128. DOI: 10.26297/0579-3009.2023.4.21. [In Russ.]
4. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids: Benefits and Endpoints in Sport / Gammone M.A. [et al.] // Nutrients. 2019. No. 11. P. 46. DOI: 10.3390/nu11010046.
5. Alfio V.G., Manzo C., Micillo R. From Fish Waste to Value: An Overview of the Sustainable Recovery of Omega-3 for Food Supplements // Molecules. 2021. Vol. 26, No. 4. P. 1002. DOI: 10.3390/molecules26041002.
6. Petrov B.F. Processing of fish oil production waste into a lubricating additive // Modern Science and Innovation. 2023. No. 4. P. 72-78. DOI.org/10.37493/2307-910X.2023.4.8. [In Russ.]
7. Fish waste oil extraction using supercritical CO₂ extraction for biodiesel production: Mathematical and kinetic modeling / Shalfoh E. [et al.] // Renewable Energy. 2024. Vol. 220. P. 119659. DOI: 10.1016/j.renene.2023.119659.
8. Authors D.V. Thuoc V.T.M. Bioconversion of Crude Fish Oil Into Poly-3-hydroxybutyrate by *Ralstonia* sp. M91 // Anh Applied Biochemistry and Microbiology. 2021. Vol. 57, No. 2, P. 219–225.
9. Utilization of tuna condensate waste from the canning industry as a novel substrate for polyhydroxyalkanoate production / Sangkharak K. [et al.] // Biomass Conversion and Biorefinery. 2021. No. 11, P. 2053–2064 <https://doi.org/10.1007/s13399-019-00581-4>.
10. Fish processing waste as a promising substrate for the synthesis of target biotechnology products / Zhila N.O. [et al.] // Journal of the Siberian Federal University. Series: Biology. 2023. Vol. 16, No. 3. P. 386-397. [In Russ.]
11. Properties of degradable polyhydroxyalkanoates synthesized from newwaster fish oils (WFO) / Zhila N.O. [et al.] // Int. J. Mol. Sci. 2023. Vol. 24, No. 16. P. 1-18. DOI: 10.3390/ijms241914919.
12. Agafonova, S.V., Romanenko, N.Yu., Kalinina, N.S., Volkov, V.V. Study of the process of fat isolation from fish processing waste as a raw material for the biotechnological synthesis of polyhydroxyalkanoates / Mezenova O.Ya. [et al.] // Bulletin of the International Academy of Refrigeration. 2024. No. 1. P. 50-59. DOI: 10.17586/1606-4313-2024-23-1-50-59. [In Russ.]
13. Evaluation of the balance of oils from fish by-products / Agafonova S. V. [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 689. P. 012027. DOI: 10.1088/1755-1315/689/1/012027.
14. Study of the process of enzymatic extraction of oil from secondary fish raw materials for the use

as a biotechnological substrate / Mezenova O. Ya [et al.] // Food and Biotechnology. 2024. Vol. 1, No. 4. P. 62-73. DOI: 10.46845/1997-3071-2024-74-78-91/. [In Russ.]

15. Comparative assessment of methods for extracting oil from secondary fish raw materials intended for the synthesis of biotechnology products / Mezenova O. Ya. [et al.] // Scientific works of the Far Eastern Fisheries Technical University. 2025. Vol. 71, No. 1. P. 59-71. DOI: org/10.48612/dalrybvtuz/2025-71-07. [In Russ.]

16. Optimization of fish oil extraction from Lophius litulon liver and fatty acid composition analysis / Hu Z. [et al.] // Fisheries and Aquatic Sciences. 2022. Vol. 25, No. 2. P. 76-89. DOI: 10.47853/FAS.2022.e8.

17. Enzymatic hydrolysis extraction and quality assessment of fish oil from Patin catfish (*Pangasius Hypophthalmus*) / Indera N.I.M. [et al.] // Environmental Quality Management. 2024. Vol. 33, No. 3. P. 91-101. DOI: 10.1002/tqem.21994.

18. Quality Assessment of Fish Oil Obtained after Enzymatic Hydrolysis of a Mixture of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Rest Raw Material Pretreated by High Pressure / Kotsoni E. [et al.] // Marine drugs. 2024. Vol. 22, No. 6. P. 261. DOI: 10.3390/md22060261.

19. Petrov B.F., Volkova T.P. Enzymatic method for obtaining fatty acid concentrate from fish oil // IOP Conference Series: Earth Environmental Science. 2022. Vol. 1052. P. 012084. DOI:10.1088/1755-1315/1052/1/012084. [In Russ.]

20. Extraction of Proteins from Mackerel Fish Processing Waste Using Alcalase Enzyme / Ramakrishnan V.V. [et al.] // Bioprocessing & Biotechniques. 2013. No. 3(2). P. 1000130. DOI: 10.4172/2155-9821.1000130.

21. Oil extraction from *Pterygoplichthys pardalis* with Alcalase®2.4 L using Plackett-Burman experimental design / Gómez-Valdéz A.J. [et al.] // Applied Food Research. 2025. No. 5 (2). P. 101226. DOI: 10.1016/j.afres.2025.101226.

22. Hao Extraction of fish oil from fish heads using ultra-high pressure pre-treatment prior to enzymatic hydrolysis / Zhang Y. [et al.] // Innovative Food Science and Emerging Technologies. 2021. Vol. 70. P. 102670. DOI: 10.1016/j.ifset.2021.102670.

23. Waste Fish Oil is a Promising Substrate for Productive Synthesis of Degradable Polyhydroxyalkanoates / Kiselev E.G. [et al.] // Journal of Polymers and the Environment. 2024. Vol. 33, No. 2. P. 1022-1034. DOI: 10.1007/s10924-024-03461-9.

24. Kiselev E.G., Demidenko A.V., Volova T.G. Changes in the molecular and thermal characteristics of a thermoplastic biodegradable copolymer in the FDM process // Plastics. 2025. No. 3. P. 49-52. <https://doi.org/10.35164/0554-2901-2025-03-49-52>. [In Russ.]

25. From Waste to Biopolymer: Synthesis of P(3HB-co-4HB) from Renewable Fish Oil / Volova T. [et al.] // Journal of Renewable Materials. 2025. Vol. 13, No. 3. P. 413-432. DOI: 10.32604/jrm.2024.058775.

Информация об авторах / Information about the authors

Мезенова Ольга Яковлевна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой пищевой биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет»; 236022, Российская Федерация, г. Калининград, Советский проспект, 1. ORCID: 0000-0002-4716-2571, e-mail: mezenova@klgtu.ru

Агафонова Светлана Викторовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пищевой биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 236022, Российская Федерация, г. Калининград, Советский проспект, 1. ORCID: 0000-0002-5992-414X, e-mail: svetlana.agafonova@klgtu.ru

Жила Наталья Олеговна, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии новых биоматериалов, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук Обособленное подразделение Институт биофизики Сибирского отделения Российской академии наук; 660036 Красноярск, Академгородок, 50, стр. 50, Россия, ORCID:0000-0002-6256-00258, e-mail: nzhila@mail.ru

Романенко Наталья Юрьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пищевой биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет»; 236022, Российская Федерация, г. Калининград, Советский проспект, 1, ORCID: 0000-0002-7433-7189, e-mail: nataliya.mezenova@klgtu.ru

Калинина Наталья Сергеевна, заведующая лабораториями кафедры пищевой биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет»; 236022, Российская Федерация, г. Калининград, Советский проспект, 1, ORCID: 0000-0003-0942-5411 5, e-mail: natalya.kalinina@klgtu.ru

Волков Владимир Владимирович, директор Центра передовых технологий использования белков кафедры пищевой биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет»; 236022, Российская Федерация, г. Калининград, Советский проспект, 1, ORCID: 0000-0001-5560-7131, e-mail: vladimir.volkov@klgtu.ru

Olga Ya. Mezenova, Dr Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University; 236022, the Russian Federation, Kaliningrad, 1 Sovetsky Prospect, ORCID: 0000-0002-4716-2571, e-mail: mezenova@klgtu.ru

Svetlana V. Agafonova, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University; 236022, the Russian Federation, Kaliningrad, 1 Sovetsky Prospect, ORCID: 0000-0002-5992-414X, e-mail: svetlana.agafonova@klgtu.ru

Natalia O. Zhila, PhD (Biol.), Associate Professor, Senior Researcher, Laboratory of Biotechnology of New Biomaterials, Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Separate Subdivision of the Institute of Biophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 660036 the Russian Federation, Krasnoyarsk, 50 Akademgorodok, building 50, ORCID:0000-0002-6256-00258, e-mail: nzhila@mail.ru

Natalia Y. Romanenko, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University; 236022, the Russian Federation, Kaliningrad, 1 Sovetsky Prospect, ORCID: 0000-0002-7433-7189, e-mail: nataliya.mezenova@klgtu.ru

Natalia S. Kalinina, Head of Laboratories of the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University; 236022, the Russian Federation, Kaliningrad, 1 Sovetsky Prospect, ORCID: 0000-0003-0942-54115, e-mail: natalya.kalinina@klgtu.ru

Vladimir V. Volkov, Director of the Center for Advanced Protein Utilization Technologies, the Department of Food Biotechnology, Kaliningrad State Technical University; 236022,

the Russian Federation, Kaliningrad, 1 Sovetsky Prospect, ORCID: ORCID 0000-0001-5560-7131, e-mail: vladimir.volkov@klgtu.ru

Заявленный вклад авторов

Мезенова Ольга Яковлевна – разработка методики исследования, валидация данных, оформление статьи по требованиям журнала.

Агафонова Светлана Викторовна, Жила Наталья Олеговна, Калинина Наталья Сергеевна, Романенко Наталья Юрьевна, Волков Владимир Владимирович – проведение экспериментов, подбор литературных источников.

Claimed contribution of the authors

Olga Y. Mezenova – developed the research methodology, validated the data, and prepared the article according to the requirements of the Journal.

Svetlana V. Agafonova, Natalya O. Zhila, Natalya S. Kalinina, Natalya Y. Romanenko, and Vladimir V. Volkov – conducted the experiments and selected references.

Поступила в редакцию 28.12.2025

Поступила после рецензирования 02.02.2026

Принята к публикации 03.02.2026

Received 28.12.2025

Revised 02.02.2026

Accepted 03.02.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-78-91>

УДК [663.813:636.086.5]:633.11+633.14



Исследования и актуализация технологии смузи с использованием сока пророщенного зерна пшеницы и ржи

С.О. Некрасова✉, Ф.Н. Меретукова, А.В. Крутова

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»;
г. Майкоп, Российская Федерация,
✉nekrasovas61@mail.ru*

Аннотация. Введение. В статье приведены результаты исследования разработки функциональных напитков с использованием пророщенного зерна пшеницы и ржи. Пророщенные зерна не подвергаются механической и тепловой обработке и поэтому содержат богатый набор макро и микроэлементов в основном за счет сохранности оболочки. Клетчатка пророщенного зерна обеспечивает низкий гликемический индекс (ГИ) ростков (15 для сравнения, против ГИ яблока 35). Определено совместное использование сока проростков пшеницы и ржи, плодов яблок, лимона, корня имбиря, а также молочной сыворотки. Обезжиренная молочная сыворотка является эффективным общеукрепляющим и успокаивающим средством, способствует улучшению кровообращения и стабилизации работы нервной системы. Сочетание таких ингредиентов позволило создать безалкогольные напитки, содержащие комплекс витаминов и минералов. **Цель исследования.** Целью настоящей работы является разработка рецептуры и технологии производства напитков функционального назначения с использованием пророщенного зерна пшеницы и ржи. Пророщенное зерно широко используется в различных странах для обогащения пищевых продуктов. Включение пророщенных зерен пшеницы и ржи в питание населения пополняет организм ферментами, антиоксидантами, полисахаридами (клетчатка и пектин). **Объекты и методы исследования.** Для комплексной оценки разработанных напитков использовали существующие методы оценки органолептических и физико-химических исследований. Определение жирорастворимых витаминов проводили методом жидкостной хроматографии, как одного из наиболее эффективных методов определения витаминов, поскольку имеется возможность одновременного определения нескольких соединений. Определение водорастворимых витаминов проводили методом флуориметрического определения водорастворимых витаминов на основе принципа изменения флуорисценции после химической реакции. **Результаты и обсуждение.** Проведенный опрос потребителей предприятий общественного питания города Краснодара показал, что напитки с использованием пророщенных зерен пшеницы и ржи практически отсутствуют в предприятиях общественного питания. Теоретически обоснован и экспериментальным путем подтвержден состав и разработаны рецептуры и технология напитков с использованием пророщенных зерен пшеницы и ржи. **Заключение.** Теоретически обосновано, что употребление 200 мл напитка обеспечивает пополнение организма важными минеральными элементами – калием и железом. Экспериментально доказано, что употребление одной порции (200 мл) функционального напитка обеспечивает суточную норму потребления витамина В₁, а двух порций – способствует покрытию суточной нормы в витамине Е на 26,6%.

Ключевые слова: пророщенные зерна, пшеница, рожь, смузи, рецептура, технология, функциональные, напитки

Для цитирования: Некрасова С.О., Меретукова Ф.Н., Крутова А.В. Исследования и актуализация технологии смузи с использованием сока пророщенного зерна пшеницы и ржи. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (1):78-91. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-78-91>

Research and development of smoothie technology using sprouted wheat and rye grain juice

S.O. Nekrasova✉, F.N. Meretukova, A.V. Krutova

Maikop State Technological University; Maikop, the Russian Federation,
✉nekrasovas61@mail.ru

Abstract. Introduction. The results of research and development of functional beverages using sprouted wheat and rye grains have been presented. Sprouted grains are not subjected to mechanical or heat treatment and therefore contain a rich set of macro- and microelements, mainly due to the preservation of the shell. The fiber of sprouted grain provides a low glycemic index (GI) of the sprouts (15 for comparison, against the GI of apples 35). The combined use of wheat and rye sprout juice, apples, lemon, ginger root, and whey has been determined. Skim whey is an effective tonic and sedative, helps improve blood circulation and stabilize the nervous system. The combination of such ingredients has made it possible to create soft drinks containing a complex of vitamins and minerals. **The goal of the research** is to develop a recipe and technology for the production of functional beverages using sprouted wheat and rye grains. Sprouted grain is widely used in various countries to fortify food products. Including sprouted wheat and rye grains in the diet replenishes the body with enzymes, antioxidants, and polysaccharides (fiber and pectin). **The objects and methods of the research.** Existing methods for organoleptic and physicochemical assessment were used for a comprehensive evaluation of the developed beverages. Fat-soluble vitamins were determined using liquid chromatography, one of the most effective methods for vitamin determination, as it allows for the simultaneous determination of several compounds. Water-soluble vitamins were determined using fructimetric determination of water-soluble vitamins based on the principle of change in rfructiescence after a chemical reaction. **The results and discussion.** A survey of consumers of public catering establishments in Krasnodar has revealed that beverages containing sprouted wheat and rye grains are virtually absent from public catering establishments. The composition of the beverages using sprouted wheat and rye grains has been theoretically substantiated and experimentally confirmed, and recipes and technology for beverages containing sprouted wheat and rye grains have been developed. **Conclusion.** It has been theoretically proven that drinking 200 ml of the beverage provides the body with important minerals – potassium and iron. Experiments have shown that drinking one serving (200 ml) of the functional beverage provides the daily requirement for vitamin B1, and two servings provide 26.6% of the daily requirement for vitamin E.

Keywords: sprouted grains, wheat, rye, smoothie, recipe, technology, functional beverages

For citation: Nekrasova S.O., Meretukova F.N., Krutova A.V. Research and development of smoothie technology using sprouted wheat and rye grain juice. *Novye tehnologii/ New technologies*. 2026; 22 (1):78-91. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-78-91>

Введение. В настоящее время все большее количество населения переходит на продукты «здорового питания», среди которых особый интерес вызывают продукты растительного происхождения, которые содержат много антиоксидантов, в том числе обогащенные продукты и напитки.

Рацион питания человека на протяжении нескольких веков включал зерновые продукты в виде муки, хлебобулочных изделий, вторых блюд. В России наиболее распространенными злаковыми культурами являются пшеница, рожь и овес. С древнейших

времен злаковые культуры составляли основу рациона питания человека.

При механической и тепловой обработке зерно теряет полезные для организма вещества, расположенные на периферии злака. Согласно проведенным исследованиям ученых, в процессе проращивания оригинальный состав семян существенно меняется, что приводит к взрывному увеличению питательных полезных веществ, объема воды и улучшения усвояемости [1]. При этом сам процесс проращивания является простым, дешевым и доступным каждому. Эксперты, занимающиеся

исследованием здорового питания с большой долей уверенности заявляют об огромной биологической силе проростков. В таблице 1 представлен химический состав зерна пшеницы и его производных, в том числе проросших зерен.

В семенах в высокой концентрации сосредоточен запас питательных веществ, необходимых для того, чтобы дать жизнь новому ростку. Семя, давая возможность появиться проростку, питает его и предоставляет необходимый материал. При гидролизе крахмала образуется солодовый сахар, белки переходят в более усвояемую форму, расщепляясь до аминокислот, жиры переходят в жирные кислоты, увеличивается содержание витаминов, пищевых волокон. Аналогичные процессы происходят при переваривании пищи, что облегчает процесс усвоения образовавшихся полезных веществ организмом.

В пророщенном зерне находятся все необходимые для здорового питания человека ингредиенты. Помимо содержания белков, легкоусвояемых углеводов, клетчатки, витаминов и минеральных веществ проростки содержат полифенольные соединения, ферменты и гормоны. В этой связи продукты с использованием проростков могут быть рекомендованы в качестве лечебного питания при определенном недостатке отдельных питательных веществ [3]. В процессе прорастания уменьшается содержание жиров, но при этом накапливаются свободные полиненасыщенные жирные кислоты [4]. Пророщенное зерно способно синтезировать витамин С, который отсутствует в зерне. Действия сво-

бодных радикалов нейтрализуются под влиянием витаминов С и Е.

В процессе прорастания семени значительно повышается содержание магния, который участвует в процессах регуляции нервной системы и формирования костей. Пророщенное зерно является богатым источником меди. Этот микроэлемент необходим для многих ферментов и без него невозможен синтез эндорфинов – гормонов радости.

Несмотря на полезность пророщенного зерна, напитков, разработанных с использованием проростков, мало и совсем недостаточно таких напитков реализуется в предприятиях общественного питания. Популярными напитками предприятий питания сегодня являются смузи – густой напиток на основе фруктов, ягод с добавлением молочных продуктов, меда и др. Ассортимент смузи, реализуемых на предприятиях общественного питания, достаточно ограничен. Исследования этого рынка позволили сделать вывод о том, что его необходимо развивать в направлении разработки новых натуральных напитков, в том числе на основе нетрадиционного состава, в частности, с использованием проростков различных злаков, фруктов и корневищ многолетних травянистых растений, которые способны оказывать оздоровительный и общеукрепляющий эффект [3]. Проведение исследований по расширению ассортимента безалкогольных напитков с использованием пророщенного зерна пшеницы и ржи и разработке технологии их приготовления для предприятий общественного питания является весьма актуальным в настоящее время.

Таблица 1. Химический состав зерна пшеницы и его производных (мг) [2]

Table 1. Chemical composition of wheat grain and its derivatives (mg) [2]

Количество в 100 г.	Хлеб	Мука в/с	Зерно пшеницы	Пророщенное пшеничное зерно
Кальций	18	22	44	71
Калий	-	122	350	850
Магний	0,5	16	146	340
Фосфор	87	92	329	1100
Железо	0,7	1,1	3,9	10
Цинк	-	-	4,1	20
Тиамин	0,1	0,18	0,45	2,0-3,0
Рибофлавин	0,07	0,13	0,23	0,7
Никотиновая кислота	0,67	1,0	5,3	-

Целью настоящей работы является разработка рецептуры и технологии производства смузи функционального назначения с использованием пророщенного зерна пшеницы и ржи.

Объекты и методы исследования
Объектами исследования работы послужили: сок проростков пшеницы и ржи, яблок, корня имбиря, лимона, обезжиренная молочная сыворотка, натуральный мед. В исследовании по разработке технологии и рецептуры функциональных напитков с использованием пророщенных зерен пшеницы и ржи использовались ингредиенты, которые соответствовали требованиям ГОСТ 12044-93 [6]. Сухое зерно для проращивания имело здоровое состояние, цвет и запах – нормальные, свойственные зерну данного типа. Проростки пшеницы и ржи получали с помощью использования системы выращивания с профессиональной фототампой.

Поскольку проростки пшеницы имеют слегка сладковатый и мучнистый вкус, а проростки ржи – сладковатый, но с небольшой кислинкой, было принято решение о совместном использовании проростков как пшеницы, так и ржи в рецептурах функциональных напитков.

Яблочный сок получали из свежих плодов с помощью соковыжималки. Для приготовления сока использовали яблоки поздних сортов созревания, в соответствии ГОСТ 21122-75 [7]. Этот сорт яблок отличается повышенным содержанием пектина, который является природным полисахаридом, обладающим рядом ценных свойств. Прежде всего, следует отметить его комплексообразующую способность, которая заключается в способности выводить из организма человека соли тяжелых металлов, радионуклиды и другие токсические вещества.

Согласно последним исследованиям ученых, ежедневное употребление 5-10 г сока имбиря оказывает на организм человека положительный общеукрепляющий эффект. В имбирном корне большое количество витаминов С и группы В, что предот-

вращает простудные заболевания за счет повышения иммунитета. Использование имбиря при приготовлении сока проводили в соответствии с ГОСТ 34319-2017 [8].

Сок лимона – один из наиболее эффективных растворителей и дезинтоксикаторов, который подарила нам природа. Он вначале действует на организм как наилучший растворитель, а затем как восстановитель. Он растворяет то, что необходимо удалить из организма, а затем восстанавливает все поврежденные ткани и органы. Для оценки качества сока использовали ГОСТ 32101-2013 [9].

Использование молочной сыворотки при производстве функциональных напитков с использованием проростков пшеницы и ржи – один из способов обогащения напитка. Сыворотку получали путем нагревания подкисленного молока. Для подкисления использовали 2 % раствор лимонной кислоты. Отфильтрованную жидкость смешивали с соком проростков пшеницы и ржи. Сочетание сыворотки и сока проростков пшеницы и ржи оптимизировали путем моделирования и получения оптимального результата путем сенсорной оценки.

В соответствии с распоряжением Правительства РФ от 29.06.2016 г. № 1346-р «Стратегия повышения качества пищевой продукции до 2030 года», проектирование продукции с заданными свойствами является одной из государственных задач. При этом создаются оптимальные рецептуры, повышающие пищевую ценность, обладающие комплексом полезных свойств и содержащие нормируемое количество макро и микроэлементов [10].

Методика исследования включает определение органолептических и физико-химических показателей, которые оценивают по ГОСТ Р 56543-2015 [11]. Применяемое в исследованиях сырье соответствовало требованиям национальных стандартов по показателям безопасности, требованиям «О безопасности пищевой продукции» [12].

Определение витамина В₁ осуществляли с помощью анализатора жидкости «Флюо-

рат-02-3М», СИ/ Флюорат-02, который осуществлял детектирование флюоресценции после химической реакции для определения тиамин. Подготовку проб осуществляли согласно инструкции № 4399-87 Инструкция по определению тиамин (витамина В₁) в пищевых продуктах [13].

Определение витамина Е осуществляли с помощью хроматографа жидкостного, Agilent 1200. Подготовку проб производили в соответствии с ГОСТ Р 52147-2003 Белково-витаминно-минеральные и амидо-витаминно-минеральные добавки. Методы определения содержания ретинола-ацетата (витамина А), эргокальциферола (холекальцеферолла) (витамина D₂ (D₃), Токоферола-ацетата (витамина Е) [14].

Исследования предпочтений и мотивации потребителей при покупке функциональных напитков проводили путем социологического опроса с применением анкетирования.

Результаты и обсуждение. Проращивание семян обогащает их состав, активируя питательные вещества и преобразуя сложные соединения в легкоусвояемые формы. Обогащение напитков питательными веществами, активированными в процессе проращивания зерен, делает их полезными для применения человеком. При составлении композиции напитков руководствовались рекомендациями по сочетанию вкусов Ники Сегмита «Тезариус вкусов» [15]. Определено сочетание как по вкусам, так и по химическому составу.

Процесс производства смузи из пророщенных зерен пшеницы и ржи можно разделить на три основных этапа. На первом этапе получали сок из зеленой части проростков пшеницы и ржи, которые срезали при достижении ими длины 8-10 см, промывали и получали сок посредством соковыжималки. На втором этапе приготавливали сок из яблок, лимона, корня имбиря. Полученные соки смешивали в блендере в

необходимых количествах. При приготовлении напитка с обезжиренной молочной сывороткой готовили молочную сыворотку. Все компоненты напитка и натуральный мед смешивали в блендере.

На третьем этапе проводили стабилизацию напитка, которая заключалась в определении условий и сроков хранения. Установлено, что при использовании шоковой заморозки при температуре $-40\pm 5^\circ\text{C}$, позволяет наиболее эффективно сохранить для организма полезные вещества. Шоковая заморозка проводится до достижения температуры $-15\pm 5^\circ\text{C}$ внутри пакета в течение 25 ± 5 мин. Дальнейшее хранение пакета осуществляли в морозильной камере при температуре $-18-20^\circ\text{C}$. Продолжительность хранения полуфабриката напитка составила не более 90 дней. Замороженный напиток размораживали при комнатной температуре.

Пастеризацию напитка проводили как свежеприготовленного, так и после его заморозки при температуре $75\pm 5^\circ\text{C}$ в течение 30 с. Исследования свежеприготовленных пастеризованных смузи и подвергнутых шоковой заморозке, хранению, размораживанию и пастеризации не отличались по своим показателям, что имеет большое значение, поскольку сроки реализации напитков увеличиваются. Исследования, проведенные учеными, доказывают, что применение высокотемпературной и высоконапорной пастеризации в смузи повышает биодоступность (поли) фенолов в желудочно-кишечном тракте [16].

Схема производства смузи с использованием сока пророщенного зерна пшеницы и ржи согласно выделенным этапам представлен на рисунке 1.

Технология производства смузи с использованием пророщенных зерен пшеницы и ржи, обогащенных биологически активными компонентами, не требует разработки специального оборудования и новых технологических приемов.

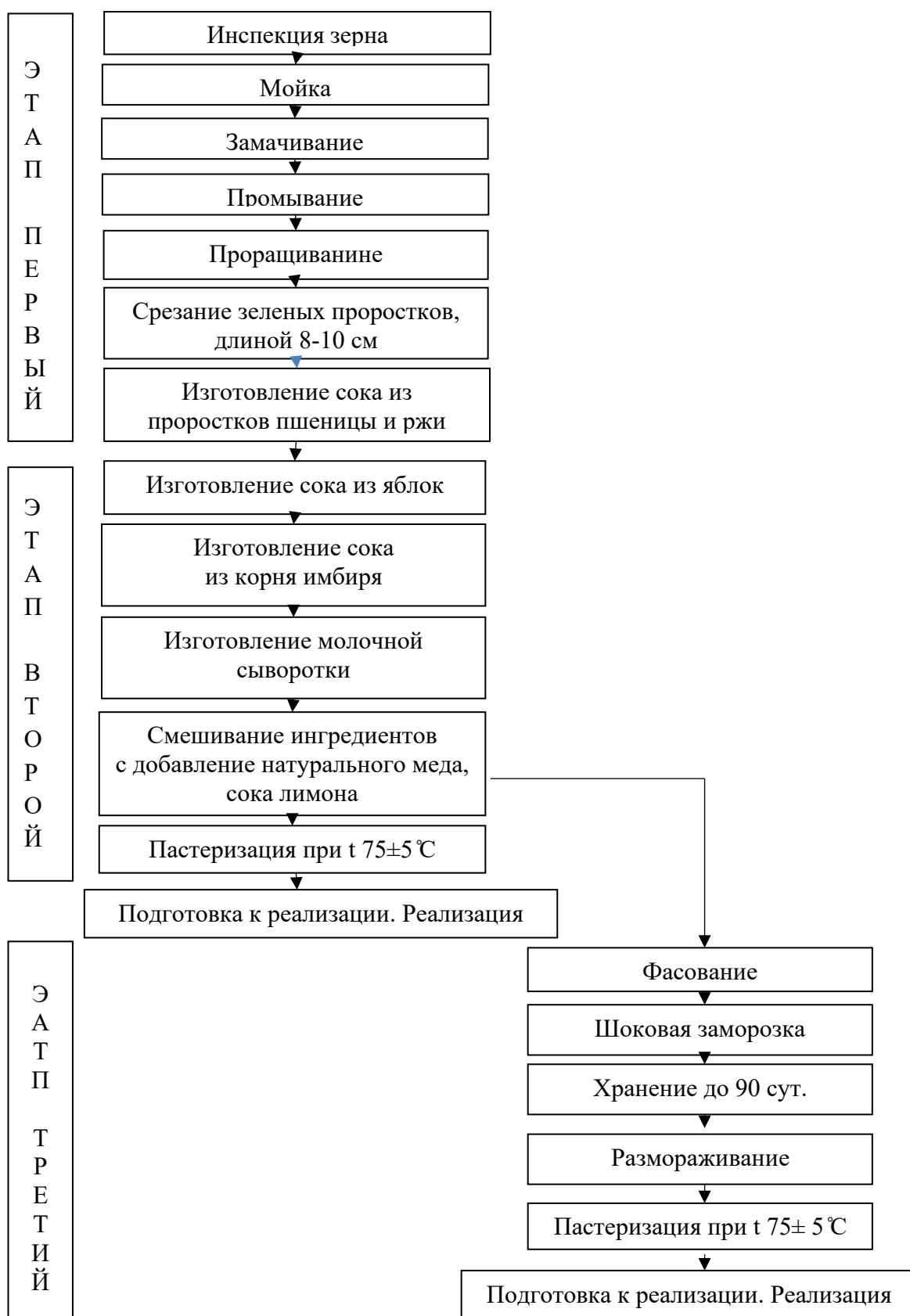


Рис. 1. Схема производства смузи с использованием пророщенного зерна пшеницы и ржи
Fig. 1. Smoothie production process using sprouted wheat and rye grains

Как известно, хлорофилл является основной жизнедеятельности всех растений, поскольку является посредником между солнцем и процессами жизнедеятельности, происходящими в растениях. По своему строению хлорофилл напоминает строение составляющей гемоглобина – гемине, что обеспечивает трансформацию кислорода. Хлорофилл положительно влияет на деятельность в организме человека сердца, кишечника, печени, сосудистой системы. Хлорофилл блокирует развитие патогенной микрофлоры. Сок, содержащий хлорофилл, нейтрализует токсины, имеет генерирующую функцию, очищает кишечник. Сок, содержащий хлорофилл, способен даже растворять осадок в легких, нейтрализовать действие монооксида углерода. В небольшом количестве сок проростков вытягивает токсины из десен. Этот сок выводит из организма человека радионуклиды, тяжелые металлы, очищает и нормализует состав крови.

Пищевые волокна являются важным компонентом пророщенного зерна. Несмотря на то, что они не перевариваются и не обладают энергетической ценностью, они способствуют улучшению перистальтики желудка и улучшению микрофлоры кишечника.

Обезжиренная молочная сыворотка является низкокалорийным продуктом и обладает способностью возбуждать секрецию пищеварительных желез, способствует нормализации микрофлоры кишеч-

ника и поэтому очень полезна в питании пожилых людей.

Расширение ассортимента функциональных напитков с использованием проростков является актуальным вопросом здорового питания, и население заинтересовано в появлении таких напитков, в том числе укрепляющих иммунитет. Сок из проростков пшеницы может быть использован в качестве антигипоксического средства, которое защищает клетки организма от нехватки кислорода.

Моделирование рецептуры смузи с использованием соков проростков зерна представлено в таблице 2.

Для учета органолептических показателей при проектировании многокомпонентных функциональных напитков были проработаны варианты сочетания выбранных рецептурных ингредиентов.

Оценка органолептических показателей образцов смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи по пятибалльной системе представлена в таблице 3.

Органолептическая оценка проводилась согласно разработанным критериям. Образцам №6 дегустационной комиссией были выставлены наилучшие показатели. Органолептические показатели напитка представлены в таблице 4.

Определение рецептуры смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи и обезжиренной молочной сывороткой представлено в таблице 5.

Таблица 2. Разработка рецептуры смузи с использованием соков проростков зерна пшеницы и ржи

Table 2. Development of a smoothie recipe using wheat and rye sprout juices

Наименование продуктов	Рецептура напитка, %							
	Вариант							
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
Пшеничные проростки	25	20	25	15	20	25	15	10
Ржаные проростки	20	25	25	15	20	25	30	10
Яблочный сок	25	15	20	30	25	15	23	25
Сок имбиря	15	15	20	25	15	15	15	30
Сок лимона	10	18	6	10	10	10	10	20
Мед	5	7	4	5	10	10	7	5
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 3. Оценка органолептических показателей смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи

Table 3. Evaluation of organoleptic properties of smoothies using wheat and rye sprout juices

Наименование продуктов	Оценка по пятибалльной системе							
	Вариант							
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
Внешний вид	5	5	5	5	5	4	5	5
Цвет	5	5	5	5	5	5	4	5
Вкус	4	3	4	4	5	5	5	4
Послевкусие	5	5	5	5	5	4	5	5
Аромат	4	3	5	4	5	5	5	5
Итого	23	21	24	23	25	23	24	24

Таблица 4. Органолептические показатели смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи

Table 4. Organoleptic properties of smoothies using wheat and rye sprout juices

Показатель качества	Оценка органолептических показателей, баллы				
	5	4	3	2	1
Внешний вид	Густая непрозрачная жидкость без посторонних включений. Допускается наличие осадка и опалесценции	Густая непрозрачная жидкость с небольшими включениями. Допускается наличие осадка и опалесценции	Не совсем густая непрозрачная жидкость без посторонних включений, с небольшим осадком и наличием опалесценции	Не густая и не насыщенная жидкость с наличием посторонних включений	Мутная жидкость с наличием посторонних включений и осадка
Цвет	Насыщенный зеленый с золотистым оттенком	Не насыщенный зеленый с золотистым оттенком	Мутный не насыщенный без оттенка	Несвойственный напитку	Вызывает визуальное неприятие
Вкус	Отчетливо выраженный с учетом вкуса всех ингредиентов	Слабо выраженный вкус напитка с не выраженным вкусом всех ингредиентов	Очень слабо выраженный вкус с учетом вкуса не всех ингредиентов	Совсем слабо выраженный вкус, отсутствует вкус большинства ингредиентов	Не приятный, безвкусный
Аромат	Приятный, с учетом запаха всех входящих ингредиентов	Менее выраженный аромат с учетом аромата всех входящих ингредиентов	Очень слабый, без учета аромата большинства ингредиентов	Неприятный, резкий аромат	Очень резкий, неприятный
Послевкусие	Приятное	Выраженное неярко	Не совсем выраженное, приятное	Неприятное	Вызывает отторжение

Таблица 5. Разработка рецептуры функционального напитка с использованием соков проростков пшеницы и ржи и молочной сыворотки

Table 5. Development of a recipe for a functional drink using wheat and rye sprout juices and whey

Наименование продуктов	Рецептура напитка, %							
	Вариант							
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
Пшеничные проростки	25	20	25	15	25	20	15	10
Ржаные проростки	20	20	25	15	25	20	30	10
Обезжиренная молочная сыворотка	10	15	10	20	10	20	5	15
Яблочный сок	20	10	10	10	10	15	18	15
Сок имбиря	10	10	20	25	10	15	15	25
Сок лимона	10	18	4	10	10	5	10	20
Мед	5	7	6	5	10	5	7	5
Итого	100	100	100	100	100	100	100	100

Экспертные оценки, выставленные образцам напитка с использованием соков проростков пшеницы и ржи и молочной сывороткой, представлены в таблице 6.

Органолептическая оценка проводилась согласно разработанным показателям, которые представлены в таблице 7.

Следующим этапом после определения рецептуры напитков с использованием соков проростков пшеницы и ржи являлось определение содержания биологически активных элементов в соответствии с хими-

ческим составом входящих в рецептуру компонентов, которое представлено в таблицах 8 и 9 [17].

Оптимизация рецептуры разработанных смузи предполагает сбалансированное наличие в напитках витаминов и минеральных веществ (табл. 9).

Экспериментальные исследования проводили в испытательной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Адыгея», что подтверждено протоколами испытаний.

Таблица 6. Оценка органолептических показателей смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи и молочной сыворотки

Table 6. Evaluation of organoleptic properties of smoothies using wheat and rye sprout juices and whey

Наименование продуктов	Оценка по пятибалльной системе							
	Вариант							
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
Внешний вид	5	4	5	5	5	5	4	4
Цвет	5	5	4	4	5	5	4	5
Вкус	4	4	5	4	4	5	4	5
Аромат	5	5	5	5	5	5	5	4
Послевкусие	4	4	5	5	5	5	4	5
Итого	23	22	24	23	24	25	21	23

Таблица 7. Органолептические показатели смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи и молочной сыворотки

Table 7. Organoleptic properties of smoothies using wheat and rye sprout juices and whey

Показатель качества	Оценка органолептических показателей, баллы				
	5	4	3	2	1
Внешний вид	Густая непрозрачная жидкость без посторонних включений. Допускается наличие осадка и опалесценции	Густая непрозрачная жидкость с небольшими включениями. Допускается наличие осадка и опалесценции	Не совсем густая непрозрачная жидкость без посторонних включений, с небольшим осадком и наличием опалесценции	Не густая и не насыщенная жидкость с наличием посторонних включений	Мутная жидкость с наличием посторонних включений и осадка
Цвет	Насыщенный молочно-золотистый	Не насыщенный молочно-золотистый	Мутный не насыщенный без оттенка	Несвойственный данному напитку	Вызывает визуальное неприятие
Вкус	Отчетливо выраженный с учетом вкуса растительных ингредиентов	Слабо выраженный вкус напитка с не выраженным вкусом всех ингредиентов	Очень слабо выраженный вкус с учетом вкуса всех ингредиентов	Совсем слабо выраженный вкус, отсутствует вкус большинства ингредиентов	Неприятный, безвкусный
Аромат	Приятный, с учетом запаха всех входящих ингредиентов	Менее выраженный аромат с учетом аромата всех входящих ингредиентов	Очень слабый, без учета аромата большинства ингредиентов	Неприятный, резкий аромат	Очень резкий, неприятный
Послевкусие	Приятное	Выраженное неяркое	Не совсем выраженное, приятное	Неприятное	Не свойственное напитку

Таблица 8. Содержание биологически активных веществ в смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи

Table 8. Content of biologically active substances in smoothies using wheat and rye sprout juices

Наименование рецептурного компонента	Содержание в 100 г напитка											
	Минеральные вещества, мг				Витамины, мг							
	Mn	Se	Fe	K	B ₁	B ₂	B ₅	B ₆	B ₉	PP	E	C
Сок проростков пшеницы	0,98	0	0	1290	0,5	6,76	0	0,56	0,44	0	0,6	1,2
Сок проростков ржи	1,2	0,01	0	320	0,39	0,08	0,8	0,8	0,06	0,8	0,1	5,6
Яблочный сок	0	0	0,8	72	0	6	0,02	0,02	0	0	0,05	1,2
Сок корня имбиря	0,07	0,02	19,8	125	0	0	0,06	0,48	3,3	10,2	0,07	1,5
Сок лимона	0	0	0	28,4	0	0	0	0	0	0	0,02	7,2
Мед натуральный	0	0	0	3,6	0	0	0,01	0	0	0,04	0	0,2
Итого	2,25	0,03	20,6	1839	0,89	13,3	0,89	1,87	3,67	11	0,84	16,9

Таблица 9. Содержание биологически активных веществ в смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи и молочной сыворотки

Table 9. Content of biologically active substances in smoothies using wheat and rye sprout juices and whey

Наименование рецептурного компонента	Содержание в 100 г напитка											
	Минеральные вещества, мг				Витамины, мг							
	Mn	Se	Fe	K	B ₁	B ₂	B ₅	B ₆	B ₉	PP	E	C
Сок проростков пшеницы	0,98	0	0	1290	0,5	6,76	0	0,56	0,44	0	0,6	1,2
Сок проростков ржи	1,2	0,01	0	320	0,39	0,08	0,8	0,8	0,06	0,8	0,1	5,6
Яблочный сок	0	0	0,4	36	0	3	0,01	0,01	0	0	0,02	0,6
Молочная обезжиренная сыворотка	0	0	0	156	0,02	0,16	0	0	0	0	0,11	0
Сок корня имбиря	0,07	0,021	19,8	125	0	0,03	0,06	0,48	3,3	10,2	0,07	0,7
Сок лимона	0	0	0	14,2	0	0	0	0	0	0	0,01	3,6
Мед натуральный	0	0	0,16	0	0	0	0	0,01	0	0,08	0	0,2
Итого	2,25	0,03	20,3	1927	0,91	10,0	0,87	2,73	3,67	11	0,91	11,9

К достоинствам соков проростков пшеницы и ржи следует отнести их подщелачивающий эффект, который заключается в поддержании баланса крови на уровне pH 7,365. Как известно, кислая среда и образ жизни может понижать pH, однако хлорофилл в проростках позволяет компенсировать эту кислотность. Кислотность в разработанных напитках составила 6,1% и 6,9%, что говорит о ее слабощелочной направленности. Такие напитки полезны для поддержания кислотно-щелочного баланса, способствуют обмену веществ и не вызывают негативных последствий.

Физико-химические показатели исследуемых образцов напитков с использованием соков проростков пшеницы и ржи представлены в таблице 10.

Доказано, что употребление разработанных смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи удовлетворяет суточную потребность организма в витамине B₁. Одна порция напитка содержит жирорастворимый витамин E и удовлетворяет суточную потребность в этом витамине на 13,3%. Данный витамин является одним из основных антиоксидантов организма.

Таблица 10. Экспериментальные показатели разработанных напитков
Table 10. Experimental parameters of the developed drinks

Физико-химические показатели	
Смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи	Смузи с использованием соков проростков пшеницы и ржи и молочной сыворотки
Активная кислотность, %	
6,1	6,9
Массовая доля сухих веществ, %	
86	79
Витамин В ₁ , мг/100 г	
0,89	0,91
Витами Е, мг/100 г	
1	1

Для хранения приготовленных смузи предложено разливать напитки в пакеты со штуцером, подвергать шоковой заморозке в аппаратах интенсивного охлаждения и дальнейшему хранению в морозильной камере холодильной установки при температуре – 18-20°C в течение 90 дней [18]. Высокая скорость заморозки способствует сохранению структуры смузи, предотвращая образование крупных кристаллов льда, что положительно влияет на сохранение витаминов. Такая заморозка за счет многократного сокращения процесса охлаждения не ведет к неоправданым затратам энергии и увеличению себестоимости напитка.

Технология приготовления смузи предполагает их пастеризацию – прогрев до температуры 75-80°C в течение 30 секунд, охлаждение, сепарирование крупных коагулированных или взвешенных частиц или отстаивание с последующей декантацией. Пастеризацию смузи рекомендовано проводить в предприятиях общественного питания перед их реализацией.

Выводы. Выполненные теоретические и экспериментальные исследования и проверка их в производственных условиях подтвердили эффективность использования пророщенного зерна пшеницы и ржи как ценного поливитаминного сырья в приготовлении безалкогольных напитков функционального назначения. Внедрение разработанных рецептов смузи расширяет ассортимент безалкогольных напитков функционального назначения.

Обезжиренная молочная сыворотка содержит фосфатиды, среди которых наиболее значимым является лецитин, являющийся регулятором холестерина обмена, что обеспечивает целесообразность использования этого продукта в диетическом и геродиетическом питании. При регулярном употреблении молочной сыворотки увеличивается выработка серотонина, который отвечает за хорошее настроение. Разработанные рецептуры функциональных смузи не имеют аналогов.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The use of the biologically activated grain is in technology of health products / G.A. Simahina [et al.] // East European Scientific Journal. 2016. № 9. P. 47-153.
2. Брежнева О.В. Разработка технологии получения проростков зерна пшеницы при производстве хлебопекарной и кулинарной продукции: дис. ... на соиск. учен. степ. кан. тех. наук: 05.18.01. М., 2015. 206 с.

3. Вигмор Э. Проростки – пища жизни / пер. с англ. Е. Смирнова. СПб.: ВЕСЬ, 2001. 208 с.
4. Алексеева Т., Черемушкина И., Торкина Е. Биологически активные злаковые в общественном питании // Питание и общество. 2010. № 8. С. 14.
5. Исследования потребительских предпочтений в отношении батончиков злаковых / Козловская В.А [и др.] // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2025. Т. 18, № 3. С. 13-21.
6. ГОСТ 12044-93 Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения зараженности болезнями. М.: Госстандарт России, 1993. 57 с.
7. ГОСТ 27572-2017 Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 13 с.
8. ГОСТ 34319-2017 Имбирь – корень свежий. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 11 с.
9. ГОСТ 32101-2013 Соки фруктовые прямого отжима. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 16 с.
10. Об утверждении Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности России на период до 2030 года (вместе со «Стратегией развития машиностроения для пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2030 года»): распоряжение Правительства РФ от 30.08.2019 № 1931-р // Российская газета. 2019. 10 с.
11. ГОСТ Р 56543-2015 Напитки функциональные. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.
12. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 027/2012. О безопасности пищевой продукции: утвержден Решением Совета Европейской экономической комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. М., 2011. 173 с.
13. Инструкция № 4399-87 по определению тиамина (витамина В₁) в пищевых продуктах. Минздрав СССР. М., 1987. 6 с.
14. ГОСТ Р 52147-2003 Белково-витаминно-минеральные и амидо-витаминно-минеральные добавки. Методы определения содержания ретинол-ацетата (витамина А), эргокальциферола (холекальциферола) (витамина D), токоферола-ацетата (витамина Е). М.: Стандартинформ, 2020. 19 с.
15. Сегнит Н. Тезаурус вкусов. М.: Легендарные кулинарные книги; Эксмо, 2021. 220 с.
16. High-Pressure and Thermal Pasteurization Applied to Smoothies Enhances (Poly) Phenol Bioaccessibility along the Gastrointestinal Tract / Cristina Mat [et al.] // Journal of Agricultural and food Chemistry. 2025. Vol. 73. P. 1556-1578.
17. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. А.А. Покровского. М.: Пищевая пром-сть, 1977. 228 с.
18. Конева М.С. Разработка технологии и оценка потребительских свойств смузи, обогащенных продуктами из пророщенного зерна пшеницы: автореф. на соиск. уч. ст. кан. тех. наук. Краснодар: КубГТУ, 2017. 24 с.

REFERENCES

1. The use of the biologically activated grain in the technology of health products / G.A. Simahina [et al.] // East European Scientific Journal. 2016. No. 9. P. 47-153. [In Russ.]
2. Brezhneva O.V. Development of technology for obtaining wheat grain sprouts in the production of bakery and culinary products: dis. ... for PhD (Eng.): 05.18.01. Moscow, 2015. 206 p. [In Russ.]
3. Wigmore E. Sprouts - food of life / translated from English by E. Smirnova. St. Petersburg: VES, 2001. 208 p.
4. Alekseeva, T., Cheremushkina, I., Torkina, E. Biologically active cereals in public catering // Nutrition and Society. 2010. No. 8. P. 14. [In Russ.]
5. Research of consumer preferences regarding cereal bars / Kozlovskaya V.A. [et al.] // Food industry: science and technology. 2025. Vol. 18, No. 3. P. 13-21. [In Russ.]
6. GOST 12044-93 Interstate standard. Seeds of agricultural crops. Methods for determining disease infestation. Moscow: Gosstandart of Russia, 1993. 57 p. [In Russ.]
7. GOST 27572-2017 Fresh apples for industrial processing. Specifications. Moscow: Standartinform, 2018. 13 p. [In Russ.]

8. GOST 34319-2017 Fresh ginger root. Specifications. Moscow: Standartinform, 2018. 11 p. [In Russ.]
9. GOST 32101-2013. Directly -squeezed fruit juices. General Specifications. Moscow: Standartinform, 2019. 16 p. [In Russ.]
10. On Approval of the Strategy for the Development of the Food and Processing Industry of Russia until 2030 (together with the “Strategy for the Development of Mechanical Engineering for the Food and Processing Industry of the Russian Federation until 2030”): Order of the Government of the Russian Federation dated August 30, 2019, No. 1931-r // Rossiyskaya Gazeta. 2019. 10 p. [In Russ.]
11. GOST R 56543-2015. Functional Beverages. Moscow: Standartinform, 2019. 11 p. [In Russ.]
12. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 027/2012. On food safety: approved by the Decision of the Council of the Economic Commission for Europe of the Customs Union dated December 9, 2011. Moscow, 2011. 173 p. [In Russ.]
13. Instruction No. 4399-87 for the determination of thiamine (vitamin B1) in food products. The USSR Ministry of Health. Moscow, 1987. 6 p. [In Russ.]
14. GOST R 52147-2003 Protein-vitamin-mineral and amide-vitamin-mineral supplements. Methods for determining the content of retinol acetate (vitamin A), ergocalciferol (cholecalciferol) (vitamin D), tocopherol acetate (vitamin E). Moscow: Standartinform, 2020. 19 p. [In Russ.] [In Russ.]
15. Segnit N. Thesaurus of Tastes. Moscow: Legendary Cookbooks; Eksmo, 2021. 220 p. [In Russ.]
16. High-Pressure and Thermal Pasteurization Applied to Smoothies Enhances (Poly) Phenol Bioaccessibility along the Gastrointestinal Tract / Cristina Mat [et al.] // Journal of Agricultural and food Chemistry. 2025. Vol. 73. P. 1556-1578.
17. Chemical composition of food products. Reference tables of the content of essential nutrients and the energy value of food products / edited by A.A. Pokrovsky. Moscow: Food industry, 1977. 228 p. [In Russ.]
18. Koneva M.S. Development of technology and evaluation of consumer properties of smoothies enriched with products from sprouted wheat grain: abstract of a dissertation for.....PhD. Krasnodar: KubSTU, 2017. 24 p. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Некрасова Светлана Олеговна, кандидат экономических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5814-6166>, e-mail: nekrasovas61@mail.ru

Меретукова Фатима Нурбиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4545-9272>, e-mail: fatima_meretukova@mail.ru

Крутова Александра Владимировна, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, e-mail: alexandra.gr@yandex.ru

Svetlana O. Nekrasova, PhD (Econ.), Associate Professor, Maikop State Technological University; 358000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5814-6166>, e-mail: nekrasovas61@mail.ru

Fatima N. Meretukova, PhD (Agr.), Associate Professor, Maykop State Technological University; 358000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4545-9272>, e-mail: fatima_meretukova@mail.ru

Alexandra V. Krutova, Master's student, Maykop State Technological University; 358000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., e-mail: alexandra.gr@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Некрасова Светлана Олеговна – формирование идеи, формулировка целей и задач, разработка методики исследования.

Меретукова Фатима Нурбиевна – валидация данных, оформление статьи по требованиям журнала.

Крутова Александра Вадимировна – проведение эксперимента, статистическая обработка данных, подбор литературных источников.

Claimed contribution of the authors

Svetlana O. Nekrasova – concept development, formulation of the goals and objectives, development of the research methodology.

Fatima N. Meretukova – data validation, article formatting according to the requirements of the Journal.

Aleksandra V. Krutova – experiment execution, statistical data processing, and literary selection.

Поступила в редакцию 30.12.2025

Поступила после рецензирования 05.02.2026

Принята к публикации 06.02.2026

Received 30.12.2025

Revised 05.02.2026

Accepted 06.02.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-92-102>
УДК 664.66:664.641.1



Технологические решения по улучшению качества хлеба на основе пшенично-льняной смеси

Н.В. Сокол✉, Н.А. Ревякина

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»;
г. Краснодар, Российская Федерация,
✉sokol_n.v@mail.ru*

Аннотация. Введение. В современном мире все больше внимания уделяется присутствию на потребительском рынке обогащенных продуктов питания, способных предупредить алиментарно-зависимые заболевания и улучшить состояние здоровья. Источником эссенциальных нутриентов могут стать продукты переработки семян льна, так как исследования последних лет выявили широкую гамму свойств, предопределяющих их использование в качестве нутрицевтика. С учетом этих данных было принято решение об обогащении хлеба путем замены части пшеничной муки на льняную муку. Такая замена приводит к снижению качества готовых изделий в связи, с чем для улучшения структурно – механические свойства теста были использованы пектиновые экстракты (ПЭ) из дикорастущего сырья. **Цель.** Целью исследования явилась разработка технологических решений по улучшению качества хлеба на основе пшенично-льняной мучной смеси. **Методы.** При проведении исследований применялись стандартные методики, используемые в пищевой промышленности. Образцы хлеба выпекались с использованием метода пробной лабораторной выпечки. **Результаты.** В статье приводятся экспериментальные данные по качеству пектиновых экстрактов из дикорастущего сырья, его влиянию на ход технологического процесса брожения теста. Показано их положительное влияние на качество хлеба из пшенично-льняной мучной смеси и на процесс черствения. **Заключение.** При выпечке хлеба из пшенично-льняной смеси целесообразно вносить в тесто пектиновые экстракты из нетрадиционного растительного сырья, такого как шиповник, боярышник, калина и мелисса в дозировке 15%. Внесение ПЭ из дикорастущего сырья способствует пролонгации хранения изделий и приданию профилактических свойств.

Ключевые слова: дикорастущее сырье, мука пшеничная, льняная, мучная смесь, пектиновые экстракты, хлеб, качество

Для цитирования: Сокол Н.В., Ревякина Н.А. Технологические решения по улучшению качества хлеба на основе пшенично-льняной смеси. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (1):92-102. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-92-102>

Technological solutions for improving bread quality using a wheat-flaxseed mixture

N.V. Sokol✉, N.A. Revyakina

*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin;
Krasnodar, the Russian Federation,
✉sokol_n.v@mail.ru*

Abstract. Introduction. Nowadays increasing attention is being paid to the availability of fortified foods on the consumer market that can prevent nutrition-related diseases and improve health. Flaxseed products

can be a source of essential nutrients; as recent research has revealed a wide range of properties that make them suitable for use as a nutraceutical. Based on these data, a decision has been made to fortify bread by replacing some of the wheat flour with flaxseed flour. This substitution leads to a decrease in the quality of finished products. Therefore, pectin extracts (PE) from wild-growing raw materials have been used to improve the structural and mechanical properties of the dough. **The goal of the research** was to develop technological solutions for improving the quality of bread based on a wheat-flaxseed flour mixture. **The methods.** Standard methods employed in the food industry were used in the research. Bread samples were baked using the trial laboratory baking method. **The results.** The article presents experimental data on the quality of pectin extracts from wild-growing raw materials and their effect on the course of the dough fermentation process. Their positive effect on the quality of bread made from a wheat-flaxseed flour mixture and the staling process has been demonstrated. **Conclusion.** When baking bread from a wheat-flaxseed mixture, it is advisable to add pectin extracts from non-traditional plant materials, such as rose hips, hawthorn, viburnum, and lemon balm, to the dough at a dosage of 15%. The addition of PE from wild-grown raw materials helps extend the shelf life of products and impart preventative properties.

Keywords: wild-grown raw materials, wheat flour, flaxseed flour, flour mixture, pectin extracts, bread, quality

For citation: Sokol N.V., Revyakina N.A. Technological solutions for improving bread quality using a wheat-flaxseed mixture. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (1):92-102. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-92-102>

Введение. В настоящее время создание функциональных продуктов питания одно из приоритетных направлений в работе пищевых отраслей агропромышленного комплекса РФ. В связи, с чем ученые и специалисты активно работают над изучением новых функциональных ингредиентов и созданием продуктов на их основе, что способствует расширению ассортимента продуктов для здорового питания, созданию новых прогрессивных технологий, улучшению пищевой ценности и качества готовых изделий [5, 6, 14, 16].

Хлеб и хлебобулочные изделия являются незаменимым продуктом питания для основной части населения нашей страны и поэтому он рекомендован в качестве приоритетного продукта для обогащения эссенциальными нутриентами. В связи с этим в последнее время наблюдается использование различных видов муки из нетрадиционного сырья, такого как рис, амарант, гречиха, лен для улучшения пищевой ценности хлебобулочных изделий [10, 11,15]. Актуальными на данном этапе развития инновационных технологий в пищевой промышленности являются и разработки по применению не использованных расти-

тельных ресурсов для обогащения продукции и улучшения ее качества [1,2].

В исследованиях, проведенных нами ранее, показано, что замена части пшеничной муки на льняную муку имеет технологические риски, такие как снижение структурно-механических свойств теста и качественных показателей хлеба. При проведении исследований структурно-механических свойств теста из пшеничной муки и пшенично-льняной смеси с дозировкой 5,0% льняной муки на приборе фаринограф были получены данные по времени образования теста, устойчивости теста, разжижению и валориметрической оценке. Показатели прибора при замесе теста из пшенично-льняной смеси были значительно ниже по сравнению с образцом из пшеничной муки и, как следствие, более низкие показатели, характеризующие качество хлеба [4,13].

На основании имеющихся данных, полученных ранее другими исследователями, для устранения вышеперечисленных факторов было принято технологическое решение о внесении пектиновых экстрактов из дикорастущего сырья при замесе теста из пшенично-льняной смеси для улучшения его реологических характеристик [7, 8, 9].

Цель исследования. Целью исследования стала разработка технологических решений по улучшению качества хлеба из мучной пшенично-льняной смеси.

Методы исследования. Исследования проводились в Кубанском ГАУ, в лабораториях, кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции. При проведении исследований использовались стандартные методики, используемые в пищевой промышленности. Пектиновые экстракты получали в лабораторных условиях методом гидролиза экстрагирования 0,3% раствором лимонной кислоты в течение 2,5 часов на водяной бане, при температуре 80-85°C. Пектиновые вещества в опытных экстрактах определяли методом спиртоосаждения. Для выпечки опытных образцов хлеба использовали методику пробной лабораторной выпечки.

Органолептическая оценка хлеба проводилась с определением внешнего вида изделий, формы, состояния поверхности, цвета корки хлеба. Удельный объем, показатель формоустойчивости хлеба (Н/Д) определяли по ГОСТ 27669–88. О свежести хлеба судили по изменению показателя влажности мякиша хлеба в процессе хранения. Опытные образцы хлеба хранились в закрытых контейнерах в холодильнике в течение 72 ч. Показатель влажности в мякише хлеба проверялся через каждые 24 часа.

Результаты исследований. Из дикорастущего растительного сырья плодов шиповника, боярышника, калины и листьев Melissa были получены пектиновые экстракты. Оценка качества экстрактов проводили по показателям качества, таким как количество сухих веществ, содержание

пектиновых веществ, кислотность, комплексообразующая способность.

Содержание сухих веществ в экстрактах, в соответствии с технологическими инструкциями, определяли рефрактометрическим методом. Полученные данные в эксперименте представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Содержание сухих веществ в пектиновых экстрактах
Fig. 1. Dry matter content of pectin extracts

Как видно из рисунка 1, по количеству сухих веществ исследуемые образцы распределились следующим образом: экстракт из листьев мелиссы с содержанием сухих веществ 6,3%, экстракт из плодов калины 4,1%, экстракт из плодов боярышника 3,7%, экстракт из плодов шиповника 3,4%.

Пектиновые вещества в экстрактах определяли методом спиртоосаждения. В экстрактах определяли количество растворимого пектина (РП), протопектина (ПП) и общее содержание пектиновых веществ Σ ПВ. Полученные данные по содержанию пектиновых веществ в экстрактах из дикорастущего сырья приведены в таблице 1.

Таблица 1. Содержание пектиновых веществ в объектах исследования
Table 1. Content of pectin substances in the studied objects

Экстракты	Растворимый пектин (РП), %	Протопектин (ПП), %	Σ Сумма ПВ, %
Боярышник	1,150	1,820	2,970
Шиповник	1,522	1,090	2,612
Калина	1,323	2,117	3,440
Мелисса	0,422	0,648	1,090

Установлено, что наибольшее содержание пектиновых веществ имеет ПЭ калины 3,440%, следующими, согласно ранжированию, по содержанию ПВ идут экстракты боярышника 2,970%, шиповника 2,612%, мелиссы 1,090%. При исследовании установлено, что у пектиновых экстрактов из плодов боярышника, калины и листьев мелиссы протопектиновая фракция (ПП) преобладает над растворимой фракцией пектина (РП). У пектинового экстракта из плодов шиповника растворимая фракция пектина преобладала над протопектиновой фракцией (ПП).

При производстве хлеба большое значение имеет показатель кислотности теста, который нормируется ГОСТ Р 58233-2018. Поэтому в полученных пектиновых экстрактах, которые будут использованы для выпечки опытных образцов хлеба, определялся показатель титруемой кислотности. Данные, полученные при определении показателя, приведены на рисунке 2.



Рис. 2. Кислотность пектиновых экстрактов исследуемого сырья

Fig. 2. Acidity of pectin extracts of the studied raw materials

Из рисунка 2 видно, что высокую кислотность имеют экстракты калины (3,2) и шиповника (3,9). Экстракты из плодов боярышника и листьев мелиссы имели показатель кислотности 4,7 и 5,7 град. Н соответственно.

Учитывая определенные показатели пектиновых экстрактов из дикорастущего сырья, можно сделать вывод, что наличие пектиновых веществ позволяет рассматривать ПЭ как поверхностно активные вещества, способствующие улучшению структурно-механических свойств теста. Кис-

лотность экстрактов позволяет говорить об увеличении начальной кислотности теста при замесе и дает основание о принятии решения об использовании ускоренного способа приготовления теста.

Важным свойством пектиновых веществ является их комплексообразующая способность, основанная на взаимодействии молекулы пектина с ионами тяжелых и радиоактивных металлов. Это свойство дает основание рекомендовать пектин для включения в рацион питания лиц, находящихся в среде, загрязненной радионуклидами и имеющих контакт с тяжелыми металлами. Такое свойство пектиновых веществ приобретает особую актуальность в современном мире. Поэтому в пектиновых экстрактах из дикорастущего растительного сырья была определена комплексообразующая способность (КС). Данные КС по видам используемого сырья для получения пектиновых экстрактов представлены на рисунке 3.

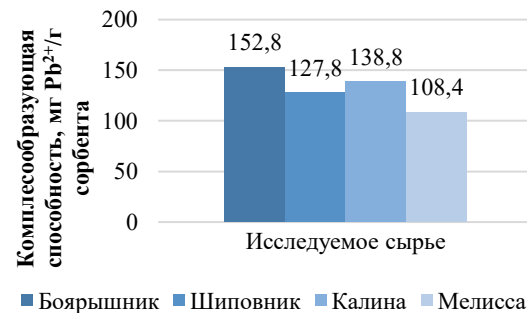


Рис. 3. Комплексообразующая способность пектиновых экстрактов

Fig. 3. Complexing capacity of pectin extracts

Определено, что большей КС обладали пектиновые экстракты калины (138,8 мгРb²⁺/г) и боярышника (152,8 мгРb²⁺/г), меньшей – экстракт шиповника (127,8 мгРb²⁺/г) и мелиссы (108,4 мгРb²⁺/г). Использование в рецептуре хлеба пектиновых экстрактов, обладающих комплексообразующей способностью, позволит придать хлебу дополнительные свойства. За счет комплексообразующей способности пектиновых веществ в рецептуре хлеба он может быть рекомендован как продукт для здорового питания.

В связи с этим в лабораторных условиях было изучено влияние пектиновых экстрактов из плодов шиповника, боярышника, калины и листьев мелиссы на процесс брожения теста и формирование кислотности теста, приготовленного из пшенично-льняной мучной смеси в соотношении 95 : 5. В качестве контроля использовался образец теста, приготовленный без внесения пектиновых экстрактов. Экстракты вносили в дозировках 10, 15, 20% при замесе теста. Данные динамики кислотонакопления в тесте при различных дозировках ПЭ представлены в таблице 2.

Анализ полученных результатов во всех вариантах эксперимента показал, что внесение пектиновых экстрактов влияет на процесс кислотонакопления в тесте. С увеличением дозировки пектинового экстракта при замесе теста наблюдалось увеличение показателя конечной кислотности теста во всех опытных образцах по сравнению с контрольным образцом без внесения ПЭ. Следует отметить, что наибольшее значение конечной кислотности при брожении теста отмечено при внесении пектинового экстракта из плодов калины – 4,8 град. Н. В варианте с ПЭ шиповника конечная кислот-

ность была – 4,6 град. Н, при внесении ПЭ из плодов боярышника – 4,4 град. Н и ПЭ из листьев мелиссы – 4,1 град. Н, что превышает показатель конечной кислотности по сравнению с контрольным образцом без внесения ПЭ, где он был – 3,1 град. Н. Введение пектиновых экстрактов в тесто приводит к увеличению его начальной кислотности и активизации процесса брожения, что обусловлено нутриентным составом пектиновых экстрактов, которые являются дополнительной питательной средой для размножения дрожжевых клеток.

Учитывая полученные результаты по кислотности теста при внесении ПЭ во время замеса, можно рекомендовать применение ускоренного способа приготовления теста для выпечки хлеба из смеси пшеничной и льняной муки. Поэтому при проведении пробных лабораторных выпечек хлеба из мучной пшенично-льняной смеси приготовление теста проводили ускоренным способом.

Контролем в эксперименте служил хлеб, приготовленный из пшенично-льняной мучной смеси, состоящей из 95% пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта и 5% льняной муки.

Таблица 2. Влияние пектиновых экстрактов на кислотность теста из пшенично-льняной мучной смеси

Table 2. Effect of pectin extracts on the acidity of dough from wheat-flaxseed flour mixture

Показатели	Контроль	Дозировка ПЭ, %		
		10	15	20
ПЭ из плодов шиповника				
Начальная кислотность, град. Н	2,5	2,7	3,1	3,5
Конечная кислотность, град. Н через 150 мин после брожения	3,1	3,4	3,7	4,6
ПЭ из плодов боярышника				
Начальная кислотность, град. Н	2,5	2,6	2,8	3,2
Конечная кислотность, град. Н через 150 мин после брожения	3,1	3,3	3,5	4,4
ПЭ из плодов калины				
Начальная кислотность, град. Н	2,5	2,8	3,3	3,6
Конечная кислотность, град. Н через 150 мин после брожения	3,1	3,6	3,8	4,8
ПЭ из листьев мелиссы				
Начальная кислотность, град. Н	2,5	2,6	3,0	3,2
Конечная кислотность, град. Н через 150 мин после брожения	3,1	3,2	3,5	4,1

Опытные образцы хлеба с внесением при замесе теста пектиновых экстрактов в различных дозировках представлены на рисунке 4.

В готовых образцах были проанализированы органолептические и физико-химические характеристики, определяющие качество продукции.

Оценка качества образцов хлеба показала, что при внесении в рецептуру пектиновых экстрактов из дикорастущих культур происходит значительное осветление мякиша хлеба по сравнению с контрольным образцом из пшенично-льняной мучной смеси. Осветление мякиша хлеба можно объяснить восстановлением пектиновых компонентов до бесцветных фенолов в кислой среде. Также отмечено, что повышение дозировки ПЭ приводит к улучшению поверхности готовых изделий и изменению цвета корки хлеба. При увеличении дозировки в тесто пектинового экстракта цвет корки изменялся от светло-серого оттенка, до коричневого и темно коричневого. Образцы с внесением пектиновых экстрактов отличались от контроля более упругим, рав-

номерно пропеченным мякишем, тонкой структурой, равномерной пористостью и отсутствием следов непромеса [9].

При дегустации опытных образцов было отмечено, что хлеб с ПЭ из дикорастущих культур отличался более насыщенными и привлекательными вкусовыми характеристиками по сравнению с контрольным образцом. Наилучшими вкусовыми характеристиками обладал образец с ПЭ из листьев Melissa [7,11].

Разработанные рецептуры хлеба получили названия «Боярушка» с ПЭ боярышника, «Калинка» с ПЭ калины, «Дикая роза» с ПЭ шиповника, «Мелиссовый» с ПЭ из листьев Melissa. На рисунке 5 представлена профилограмма бальной оценки органолептических показателей качества опытных образцов хлеба.

Согласно профилограмме рисунка 5 наилучшим по всем органолептическим показателям является хлеб «Калинка», затем «Дикая роза», «Боярушка» и хлеб «Мелиссовый». В таблице 3 приведены данные оценки опытных образцов по физико-химическим показателям.

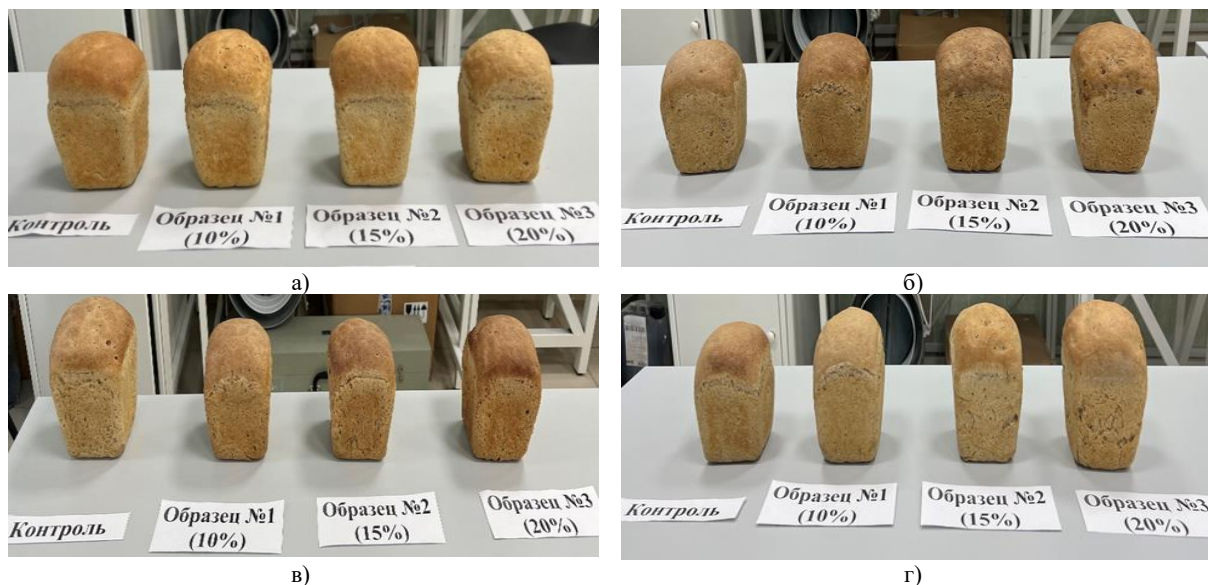


Рис 4. Результаты пробной лабораторной выпечки хлеба из пшенично- льняной мучной смеси с пектиновыми экстрактами: а) шиповник, б) калина в) мелисса г) боярышник

Fig. 4. The results of a laboratory test baking of bread from a wheat-flax flour mixture with pectin extracts: a) rose hips, b) viburnum, c) lemon balm, d) hawthorn

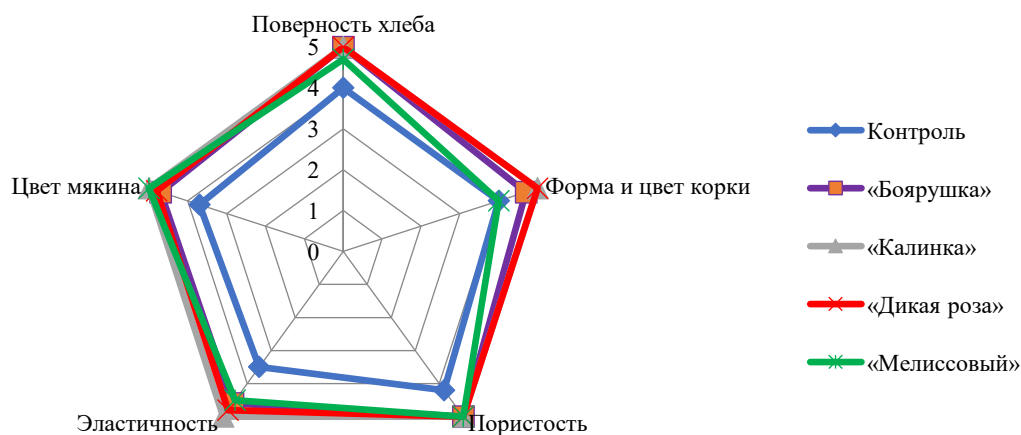


Рис. 5. Органолептические показатели образцов хлеба
Fig. 5. Organoleptic characteristics of bread samples

Таблица 3. Физико-химические показатели исследуемых образцов хлеба
Table 3. Physical and chemical indicators of bread samples

Показатель	Вид хлеба			
	«Боярушка»	«Дикая роза»	«Калинка»	«Мелиссовый»
Пористость мякиша, %	77	78	79	75
Влажность мякиша, %	42,6	42,0	42,2	42,8
Кислотность мякиша, град. Н	3,2	3,5	3,8	3,0
Объем хлеба, см ³	980	1000	1010	950

Из представленных данных в таблице 3 видно, что все образцы хлеба имеют высокие показатели качества.

Учитывая результаты, полученные при определении комплексобразующей способности пектиновых экстрактов, представляло интерес проверить сорбционную способность хлеба из пшенично-льняной смеси с пектиновыми экстрактами. В связи с этим в образцах хлеба по разработанным рецептурам была определена его сорбционная способность, рисунок 6.

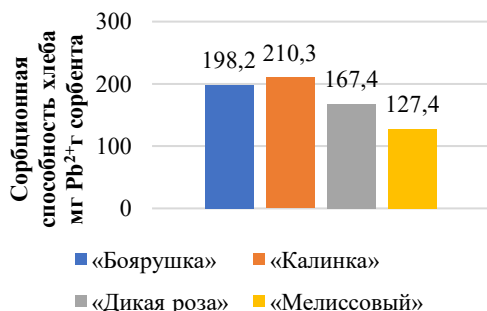


Рис. 6. Сорбционная способность исследуемых образцов хлеба

Fig. 6. Sorption capacity of the studied bread samples

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что внесение в рецептуру хлеба из пшенично-льняной смеси пектиновых экстрактов из дикорастущего сырья не только улучшает качество хлеба, но и придает ему лечебно-профилактические свойства за счет способности связывать ионы тяжелых металлов. Следовательно, такой хлеб можно рекомендовать людям, проживающим в неблагоприятных экологических районах РФ и работающим в отраслях химической и тяжелой промышленности.

В экспериментальных обогащенных образцах хлеба определялась пищевая ценность в 100 г продукта. Установлено, что при добавлении льняной муки и пектиновых экстрактов в рецептуру хлеба изменяется содержание пищевых веществ в 100 г хлеба по сравнению с хлебом из пшеничной хлебопекарной муки высшего сорта.

Полученные результаты показали, что содержание белков в хлебе «Боярушка» и «Мелиссовый» увеличилось по сравнению с контролем на 6,5 %, в хлебе «Дикая роза» и «Калинка» на 12,0 %, жиров в экспери-

ментальном хлебе было в 2-2,5 раза больше по сравнению с контролем, содержание углеводов и пищевых волокон у всех образцов было выше на 20 %.

Энергетическая ценность хлеба по разработанным рецептурам увеличилась по сравнению с контролем в среднем на 20%.

Установлено, что потребление хлеба «Боярушка» позволяет удовлетворить суточную потребность взрослого человека в белках на 36,3%, в пищевых волокнах – на 55,0%, витамина В₁ – на 50%, витамина В₉ – на 57%, витамина РР – на 40%, магния – на 23,6%, натрия – на 58,9%, фосфора – на 31,9%, железа – на 25%, селена – на 32,9%. Хлеб «Дикая роза» покрывает потребность в белках на 37,7%, в жирах – на 4,5%, углеводах – на 46,1%, в пищевых волокнах – на 52,7%, витамине А – на 34,0%, витамине В₉ – на 19,1%, витамине РР – на 42,5%, магний – на 25,0%, в натрии – на 59,1%, в фосфоре – на 32,2%, в селене – на 24,6%. Хлеб «Калинка» отличался самыми высокими показателями удовлетворения суточной потребности по белку на 37,1%, жиру – на 7,6%, в углеводах – на 39,0%, пищевых волокнах – на 66,7%, витамину А – на 36,3%, бета каротину – на 14,3%, витамину В₁ – на 50,0%, витамину В₉ – на 35,4%, витамину РР – на 49,0%. Потребность в калии при употреблении хлеба «Калинка» покрывается на 19,2%, магния – на 23,4%, натрия – на 59,3%, фосфора – на 35,6%, селена – на 17,3%. Хлеб «Мелиссовый» характеризовался содержанием в процентах от суточной нормы потребления белка на 36,3%, жира – на 4,2%, углеводов – на 36,7%, пищевых волокон – на 46,1%, витамина – В₉ на 19,1%, витамина РР – на 42,5%, калия – на 16,7%, магния – на 26,5%, натрия – на 59,5%, фосфора – на 31,9%, селена – на 24,6%. Полученные данные подтверждают обогащающий эффект хлеба, разработанного по разработанным рецептурам и принятым технологическим решениям в его производстве.

Учитывая то, что пектины обладают хорошей водоудерживающей способностью, на завершающем этапе исследования про-

дилось изучение влияния пектиновых экстрактов из дикорастущего сырья на изменение влажности хлеба в процессе хранения.

Образцы хлеба «Боярушка», «Мелиссовый», «Дикая роза» и «Калинка» хранили в закрытых контейнерах, в холодильнике, в течении 72 ч, показатели влажности проверяли через 24 часа.

Изменение влажности хлеба в процессе хранения опытных образцов хлеба представлены на рисунке 7.

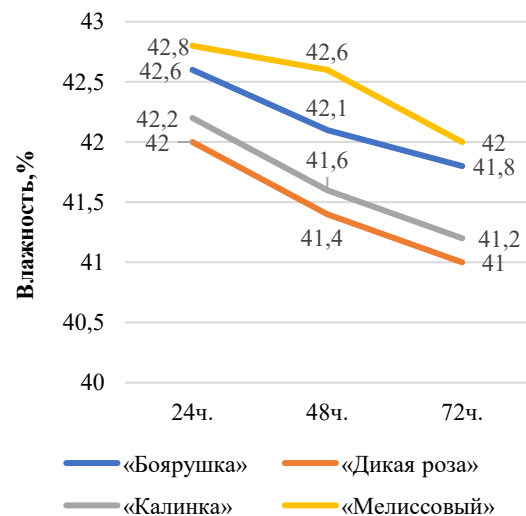


Рис. 7. Изменение влажности мякиша хлеба в процессе хранения

Fig. 7. Changes in bread crumb moisture during storage

Данные, представленные на рисунке 7, показывают, что снижение показателя влажности исследуемых образцов хлеба в течение 72 часов хранения происходит незначительно, что обусловлено свойствами пектиновых веществ удерживать влагу и с течением времени отдавать ее. Эта способность пектиновых веществ является важной с технологической точки зрения, так как использование пектиновых экстрактов снижает скорость черствения хлеба, а следовательно, способствует увеличению сроков хранения готовых изделий.

Заключение. Таким образом, в процессе исследования было установлено, что пектиновые экстракты из дикорастущего сырья могут использоваться для улучшения качества хлеба из пшенично-льняной мучной

смеси. Лучшие показатели качества хлеба были получены при дозировке пектинового экстракта 15% при замесе теста из пшенично-льняной мучной смеси. Пектиновые экстракты в производстве хлеба из пшенично-льняной мучной смеси выполняют функциональную роль улучшителя и обогащают его ценными нутриентами.

Проведенные исследования позволили разработать рецептуры обогащенного

хлеба с высокими качественными характеристиками и сорбционной способностью. Все опытные образцы хлеба имели высокие показатели пористости и удельного объема, показатели кислотности и влажности были в пределах требований соответствующего стандарта на данный вид продукции. Внесение пектиновых экстрактов из сухого дикорастущего сырья приводит к увеличению сроков хранения хлеба.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буракова Л.Н. Обоснование и разработка хлебобулочных изделий, обогащенных арктическим растительным сырьем // Индустрия питания. Food Industry. 2022. Т. 7, № 2. С. 44-51. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2022-7-2-5>.
2. Варданян Л.Р., Арутюнян С.А., Горосян Г.О. Исследование антиоксидантной активности растительного сырья как натурального стабилизатора пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2025. Т. 55, № 3. С. 485-495. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-3-2586>.
3. Винницкая В.Ф., Палфитов В.Ф. Исследования содержания биологически-активных веществ в листьях плодовых культур и растительных экстрактах на их основе // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2020. № 2. С. 115-121. <https://doi.org/10.24411/2311-6447-2020-10050>.
4. Влияние льняной муки на реологические свойства теста из смеси пшеничной и льняной муки и качество хлеба / Конева С. И. [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49, № 1. С. 85-96. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96>.
5. Вихрова Е.А. Возможность использования льняной муки при производстве хлебобулочных изделий // Вестник КрасГАУ. 2022. № 1. С. 197-203. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-1-197-203>.
6. Зубова Е. В. Биотехнологические аспекты производства традиционных и функциональных хлебобулочных изделий // Вестник Нижегородского государственного аграрного университета. 2025. № 1 (45). С. 97-108.
7. Перфилова О.В. Новый сорт хлеба с шиповником // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 8. С. 77-78.
8. Причко Т.Г., Дрофичева Н.В. Плоды редких культур как источники антиоксидантов для разработки функциональных продуктов питания // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2023. № 83 (5). С. 151-163. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2023-5-83-151-163>.
9. Ревякина Н.А., Сокол Н.В. Изучение качества плодов боярышника и шиповника, как сырьевого источника для пектиновых экстрактов // Актуальная биотехнология. 2022. № 1. С. 323.
10. Ревякина Н.А., Сокол Н.В. Комплексная оценка качества мучных композитных смесей из пшеничной и льняной муки для производства обогащенного хлеба // Новые технологии. 2023. Т. 19, № 3. С. 78-86. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-78-86>. EDN MUDRGR.
11. Санжаровская Н.С., Сокол Н.В. Целесообразность использования экстракта из плодов хеномелеса в технологии пшеничного хлеба // Ползуновский вестник. 2024. № 2. С. 19-26. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.003>.

12. Ущачовский В.И., Гончарова А.А., Миневич И.Э. Влияние способа введения льняной муки на свойства хлебобулочных изделий // Вестник КрасГАУ. 2022. № 11. С. 183-191. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-11-183-191>.

13. Хатко З.Н., Наумова Е.В. Влияние пектиновых веществ на активацию заквасок для ржано-пшеничного мини-хлеба // Новые технологии. 2020. № 1. С. 75-86. <https://doi.org/10.24411/2072-0920-2020-10108>.

14. Хлопов А.А., Ефименко С.Г., Лыбенко Е.С. Влияние льняной муки на качество ржаного хлеба // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86, № 2. С. 74-80. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2024-2-74-80>.

15. Шалтумаев Т.Ш., Могильный М.П., Сигарева М.А. Использование продуктов переработки семян льна для производства изделий повышенной пищевой ценности // Известия вузов. Пищевая технология. 2015. № 5/6. С. 42-45.

16. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food / A. Goyal [et al.] // Journal Food Sci. Technol. 2016. Vol. 51, No. 9. P. 163-165.

REFERENCES

1. Burakova L.N. Justification and development of bakery products enriched with Arctic plant raw materials // Food Industry. 2022. Vol. 7, No. 2. P. 44-51. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2022-7-2-5>. [In Russ.]

2. Vardanyan L.R., Harutyunyan S.A., Torosyan G.O. Study of the antioxidant activity of plant raw materials as a natural stabilizer of food products // Equipment and technology of food production. 2025. Vol. 55, No. 3. P. 485-495. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2025-3-2586>. [In Russ.]

3. Vinnitskaya V.F., Palfitov V.F. Studies of the content of biologically active substances in the leaves of fruit crops and plant extracts based on them // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. 2020. No. 2. P. 115-121. <https://doi.org/10.24411/2311-6447-2020-10050>. [In Russ.]

4. The influence of flaxseed flour on the rheological properties of dough from a mixture of wheat and flaxseed flour and the quality of bread / Koneva S.I. [et al.] // Engineering and technology of food production. 2019. Vol. 49, No. 1. P. 85-96. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-1-85-96>. [In Russ.]

5. Vikhrova E.A. Possibility of Using Flaxseed Flour in the Production of Bakery Products // Bulletin of KrasSAU. 2022. No. 1. P. 197-203. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-1-197-203>. [In Russ.]

6. Zubova E.V. Biotechnological aspects of the production of traditional and functional bakery products // Bulletin of the Nizhny Novgorod State Agrotechnological University. 2025. No. 1 (45). P. 97-108. [In Russ.]

7. Perfilova O.V. New variety of bread with rose hips // Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex. 2010. No. 8. P. 77-78. [In Russ.]

8. Prichko T.G., Droficheva N.V. Fruits of rare crops as sources of antioxidants for the development of functional foods // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2023. No. 83 (5). P. 151-163. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2023-5-83-151-163>. [In Russ.]

9. Revyakina N.A., Sokol N.V. Study of the quality of hawthorn and rose hips as a raw material source for pectin extracts // Actual biotechnology. 2022. No. 1. P. 323. [In Russ.]

10. Revyakina N.A., Sokol N.V. Comprehensive assessment of the quality of flour composite mixtures from wheat and flaxseed flour for the production of fortified bread // New technologies. 2023. Vol. 19, No. 3. P. 78-86. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-78-86>. EDN MUDRGR. [In Russ.]

11. Sanzharovskaya N.S., Sokol N.V. Feasibility of using chaenomeles fruit extract in wheat bread technology // Polzunovsky Vestnik. 2024. No. 2. P. 19-26. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.003>. [In Russ.]

12. Ushchapovsky V.I., Goncharova A.A., Minevich I.E. Influence of the method of adding flaxseed flour on the properties of bakery products // Vestnik of KrasSAU. 2022. No. 11. P. 183-191. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-11-183-191>. [In Russ.]

13. Khatko Z.N., Naumova E.V. Influence of pectin substances on the activation of starters for rye-wheat mini-bread // New technologies. 2020. No. 1. P. 75-86. <https://doi.org/10.24411/2072-0920-2020-10108>. [In Russ.]

14. Khlopov A.A., Efimenko S.G., Lybenko E.S. Influence of flaxseed flour on the quality of rye bread // Bulletin of VSUET. 2024. Vol. 86, No. 2. P. 74-80. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2024-2-74-80>. [In Russ.]

15. Shaltumaev T.Sh., Mogilny M.P., Sigareva M.A. Use of flax seed processing products for the production of products with increased nutritional value // News of universities. Food technology. 2015. No. 5/6. P. 42-45. [In Russ.]

16. Flax and flaxseed oil: an ancient medicine & modern functional food / A. Goyal [et al.] // Journal Food Sci. Technol. 2016. Vol. 51, No. 9. P. 163-165.

Информация об авторах / Information about the authors

Сокол Наталья Викторовна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, дом 13, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>, e-mail: sokol_n.v@mail.ru

Ревякина Нина Александровна, ассистент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. Калинина, дом 13, e-mail: nina-revyakina@inbox.ru.

Natalia V. Sokol, Dr Sci. (Eng.), Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9051-8190>, e-mail: sokol_n.v@mail.ru

Nina A. Revyakina, Assistant, the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., e-mail nina-revyakina@inbox.ru

Заявленный вклад соавторов

Сокол Наталья Викторовна – разработка методики исследования, валидация данных, оформление статьи по требованиям журнала.

Ревякина Нина Александровна – подбор литературных источников, проведение эксперимента.

Claimed contribution of the authors

Natalia V. Sokol developed the research methodology, validated the data, and formatted the article according to the requirements of the Journal.

Nina A. Revyakina selected literary sources and conducted the experiment.

Поступила в редакцию 23.01.2026

Поступила после рецензирования 24.02.2026

Принята к публикации 26.02.2026

Received 23.01.2026

Revised 24.02.2026

Accepted 26.02.2026



Некоторые генетические аспекты повышения устойчивости картофеля к прорастанию

С.С. Басиев¹✉, Э.А. Цагараева¹, В.Б. Цугкиева¹,
Ц.Г. Джиеова², З.А. Царикаев¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»;
г. Владикавказ, Российская Федерация

²Юго-Осетинский государственный университет им. А. А. Тибилова;
г. Цхинвал, Российская Федерация,
✉basiev_s@mail.ru

Аннотация. Введение. В течение всего периода хранения в клубнях происходят сложные физиологические и биохимические процессы, влияющие на их физическое состояние и качественные показатели. В этой связи решение задачи предотвращения снижения качества продукции картофелеводства в период длительного хранения является актуальным, а поиск путей достижения этой цели – разнообразным. Одним из направлений изучения вопроса прорастания клубней и их влияние на различные агротехнологические мероприятия, реализуемые в процессе культивирования картофеля в полевой период, рассматриваются в данной статье. **Цель работы.** Цель наших исследований – выявление генотипических предпосылок для реализации направленного отбора, учитывающего в том числе наличие менее выраженной физиологической активности в период длительного хранения, а также выявить связь между физиологической активности в период длительного хранения при возделывании их потомства. **Объекты и методы исследования.** Исследование реализовано на базе селекционно-семеноводческого центра Горского ГАУ 2021-2024 годы. Все учеты и наблюдения провели на базе хранилища Горского ГАУ. В исследовании использовано 156 сортов картофеля из коллекционного питомника и 36 перспективных гибридов. В качестве биометрического параметра учета использован показатель длины теневых клубневых ростков, а также показатель общей массы клубней. Учет исследуемых параметров проводили в трехкратной повторности. **Результаты и обсуждение.** Установлено, что из 37 сортов раннего срока созревания 56,8% сформировали ростки менее 1 см. Из 41 сорта среднераннего срока созревания 53,7%, сформировали ростки менее 1 см. По остальным группам спелости эти показатели были следующими: в средней группе – 67,7%, среднепоздней – 44,4%, в поздней – 50% (здесь исследовались только 2 сорта и сорт Пикассо показал более высокую сохранность, обеспечив в среднем менее 1см теневых ростков на момент учета (14.04.2021-24гг). **Заключение.** Учитывая показатели сохранности у гибридов, было выявлено, что максимальную сохранность обеспечили генотипы 14.74/30, 14.74/67, 10.11/153, 14.76/8, 14.76/82 с ростками до 1 см.

Ключевые слова: картофель, сохранность, прорастание, теневые ростки, сорт, генотип, продуктивность, хранение, коллекционный питомник, технология, гибрид, клубень

Для цитирования: Басиев С.С., Цагараева Э.А., Цугкиева В.Б., Джиеова Ц.Г., Царикаев З.А. Некоторые генетические аспекты повышения устойчивости картофеля к прорастанию. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (1):103-115. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-103-115>

Some genetic aspects of increasing potato sprout resistance

S.S. Basiev^{✉1}, E.A. Tsagaraeva¹, V.B. Tsugkueva¹,
Ts.G. Dzhioeva², Z.A. Tsarikaev¹

¹Gorsky State Agrarian University; Vladikavkaz, the Russian Federation

²The South Ossetian State University named after A.A. Tibilov;
Tskhinvali, the Russian Federation,
[✉]basiev_s@mail.ru

Abstract. Introduction. Throughout the storage period, complex physiological and biochemical processes occur in tubers, affecting their physical condition and quality. Therefore, preventing a decline in potato product quality during long-term storage is a pressing issue, and the search for ways to achieve this goal is diverse. One of the areas of the research in tuber germination and its impact on various agronomic measures implemented during potato cultivation in the field was examined. **The goal of the research** was to identify genotypic prerequisites for the implementation of directional selection, taking into account, among other things, the presence of less pronounced physiological activity during long-term storage. The relationships between physiological activity during long-term storage and the cultivation of their progeny was identified. **The objects and methods of study.** The study was conducted at the Selection and Seed Center of the Gorsky State Agrarian University from 2021 to 2024. All surveys and observations were conducted at the Gorsky State Agrarian University storage facility. The research involved 156 potato varieties from a collection nursery and 36 promising hybrids. The length of shadow tuber shoots and the total weight of tubers were used as biometric parameters. The study parameters were recorded in triplicate. **The results and discussion.** It was found that 56.8% of 37 early-ripening varieties formed shoots less than 1 cm. Of 41 mid-early-ripening varieties, 53.7% formed shoots less than 1 cm. For the remaining maturity groups, these indicators were as follows: in the middle group – 67.7%, mid-late - 44.4%, in the late - 50%. Only 2 varieties were studied here, and the Picasso variety demonstrated higher preservation, providing an average of less than 1 cm of shadow shoots at the time of accounting (April 14, 2021-2024). **Conclusion.** Based on the survival rates of the hybrids, it was found that genotypes 14.74/30, 14.74/67, 10.11/153, 14.76/8, and 14.76/82 with sprouts up to 1 cm provided the highest survival rates.

Keywords: potato, survival rate, germination, shade sprouts, variety, genotype, productivity, storage, collection nursery, technology, hybrid, tuber

For citation: Basiev S.S., Tsagaraeva E.A., Tsugkueva V.B., Dzhioeva Ts.G., Tsarikaev Z.A. Some genetic aspects of increasing potato sprout resistance. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (1):103-115. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-103-115>

Введение. Практический опыт картофелеводства доказывает, что максимальный результат применения различных агротехнологических приемов и методов возможен лишь при использовании сортов, биологический потенциал которых предусматривает возможность достижения необходимых показателей качества продукции, в том числе и на этапе хранения [3, 11, 13].

При разработке отдельных технологических приемов для новых и перспективных сортов картофеля встает вопрос хра-

нения и сохранности семенных клубней, так как в течение всего периода хранения в клубнях происходят сложные физиологические и биохимические процессы, которые остаются недостаточно изученными. Многие исследователи [4, 6, 9], изучавшие влияние различных биотических и абиотических факторов на качественные показатели, утверждают о комплексности технологических приемов хранения картофеля для минимизации потерь и сохранения потребительских свойств [8, 14, 15].

Изучение вопросов регуляции покоя и прорастания клубней имеет значение и с экономической точки зрения, так как данные процессы оказывают существенное влияние на дальнейшее использование клубней в связи с изменением их качественных параметров [5, 10, 12]. При этом изучение данной проблемы целесообразно переводить и в генетическую плоскость. Создание или выведение новых и перспективных гибридов и сортов картофеля с хорошей сохранностью во время длительного периода хранения остается задачей актуальной. Снижение качества клубней как семенного, так и продовольственного, остается актуальной проблемой в современном сельскохозяйственном производстве. Для решения этой проблемы нами были проведены опыты по выявлению генотипов, обладающих пониженной физиологической активностью в период длительного хранения [1, 2, 3].

Научная новизна. Впервые в условиях предгорной зоны РСО-Алания изучены генетические аспекты повышения устойчивости картофеля к прорастанию.

Целью нашего исследования является выявление генотипических предпосылок для реализации направленного отбора, учитывающего в том числе наличие менее выраженной физиологической активности в период длительного хранения.

Методика и условия. Исследование реализовано на базе селекционно-семеноводческого центра Горского ГАУ в предгорной зоне РСО-Алания в 2021-2024 годы. В исследовании использовано 156 сортов из коллекционного питомника и 36 перспективных гибридов от 15 селекционных комбинаций из различных селекционных питомников Горского ГАУ [1, 2, 3]. Материальной базой реализации исследований является хранилище подвального типа. Глубина основания хранилища от уровня поверхности земли – 3 м; оборудовано тремя точками естественной вентиляции за счет конвекции (в зимних условиях закрыты) и электрическим венти-

лятором без обогрева для обеспечения движения воздушных масс внутри хранилища, предотвращения образования конденсата на стенах и потолке. Хранение стеллажное. В качестве биометрического параметра учета использован показатель длины теневых клубневых ростков, а также показатель общей массы клубней. Учет исследуемых параметров провели в трехкратной повторности: 20 января, 3 марта и 14 апреля. Представленный уровень показателей является усредненным. Определение среднего показателя проведено на основе анализа результатов измерения ростков на 10 клубнях каждого сорта (40% общего количества клубней) и на 10 клубнях каждого гибрида (15-20% общего количества клубней). Измерение длины проводилось стандартной линейкой, веса – электронными весами точно до 50 мг. Температура внутри хранилища в период с 15 октября по 25 ноября находилась в пределах +8...+9°C. В период с декабря по вторую декаду марта – на уровне +2...+5°C, до третьей декады апреля – на уровне +8°C. Влажность в период хранения находилась в пределах 93-95%.

Результаты исследований. Результаты исследования сортов коллекционного питомника были систематизированы с учетом срока зрелости. В группу сортов раннего срока созревания вошло 37 образцов (табл. 1).

Полученные результаты показывают, что на момент первого контрольного исследования сортов раннего срока созревания состояние и физиологическая активность клубней бала неравнозначной. Отсутствие выраженной физиологической активности отмечено у 21 образца, что составляет 56,8% от общего числа исследуемых генотипов данной группы. У 9 сортов отмечено состояние пробуждения глазков и достижение клубневыми ростками длины до 1 см (24,3%). Ростки до 3 см образовали 3 сорта (8,1%). Более активный рост теневых ростков (от 3 до 7 см) отмечен у 4 генотипов данной группы сортов (10,8%).

Таблица 1. Рост клубневых ростков и изменение общей массы клубней картофеля в период зимнего хранения сортов раннего срока созревания коллекционного питомника Горского ГАУ (2021-2024 гг)

Table 1. Growth of tuber sprouts and change in the total weight of potato tubers during winter storage of early ripening varieties of the collection nursery of the Gorsky State Agrarian University (2021-2024)

№ п/п	Сорта	Длина теневого ростков на клубнях на дату контроля, см			Масса клубней на дату контроля, кг	
		20-22.01	03-05.03	14-16.04	20-22.01	14-16.04
1	Early rose	0	0	0,5	2,2	2,1
2	Red skarlet	0	0	0,5-1	1,3	1,3
3	Адретта	0,5	2	до 1	3,2	3,1
4	Андра	0	0	0,5-1	2,2	2,2
5	Ариэль	0,1-3	до 1,5	3-4	2,3	2,1
6	Арроу	0,5	0,5	1,5-2	3,4	3,3
7	Артемис	0,3-1	0,5	1	2,0	1,9
8	Беллароза	0	0,1	до 1	3,5	3,4
9	Бородинский розовый	0	0,5	0,5-1	2,1	2,0
10	Взрывной	до 1	до 1	до 2	1,7	1,6
11	Воларе	0	0,5	1-2	2,7	2,6
12	Гала	0,5-1	до 3	до 3	4,7	4,7
13	Гард	0,5	1	1	3,0	2,9
14	Геркулес	5,6	до 7-8	до 10	3,4	3,2
15	Горянка	0,5	0,5-1	1,5-2	1,8	1,7
16	Гулливер	0,3	до 0,5	0,5	2,3	2,2
17	Джоконда	0	0,5	1	3,7	3,6
18	Жуковский ранний	0	0	до 1	3,4	3,3
19	Импала	5-7	до 6	до 5-6	2,1	2,1
20	Инфинити	0	0	0	2,3	2,2
21	Каменский	0	0,5-1	до 3	2,7	2,7
22	Кармен	0	0,5	до 1	2,3	2,3
23	Коломба	2-3	3	до 5-6	2,4	2,3
24	Крепыш	0,5-3	1-3	1-3	1,9	1,8
25	Кристина	0	0	0	2,7	2,6
26	Латона	0	0	0,5	3,0	2,9
27	Леди клер (ультраранний)	0	0	0	2,6	2,6
28	Лидер	0	0,1	1	1,8	1,8
29	Лиляя	1-1,5	2-3	3-4	2,8	2,7
30	Метеор	0	0	0,5	3,2	3,2
31	Натали	до 5	2-6	до 5-6	2	1,9
32	Ньютон	0	0	0,5	1,9	1,9
33	Пантер	0	0,5	до 2	1,0	1,0
34	Пермунес	4	6	до 6	2,4	2,2
35	Ривьера (ультраранний)	0	0	до 1	1,4	1,3
36	Розара	0	0	0,5	3,7	3,6
37	Салин	0	0,1	до 1	1,6	1,6

При втором контрольном мероприятии данное соотношение изменилось. В группу сортов, на этот момент не проявивших явных признаков физиологической активности, вошло 12 образцов, или 32,4% от общего числа. Количество сортов, длина ростков которых достигла 1 см, составила 15 (40,5%), у 6 сортов ростки достигли длины до 3 см (16,3%), а у 4 образцов – от 3 до 8 см (10,8%).

Третий контроль уровня исследуемых показателей выявил, что в состоянии отсутствия визуально подтверждаемых признаков роста клубневых ростков находились лишь 3 сорта (8,1%): Инфинити, Кристина и ультраранний сорт Леди Клер. Группа сортов с ростками до 1 см достигла у 19 образцов (51,4%), с ростками до 3 см у 8 образцов (21,6%), с ростками более 3 см у 7

образцов (18,9%). Особое значение в семеноводстве и производстве товарной продукции имеет тургорное состояние клубней картофеля. Общеизвестно, что с потерей тургора в клубнях теряется и масса, что приводит к снижению качественных показателей семенной и товарной продукции.

Анализ полученных результатов показывает, что исследованные сорта ранней группы зрелости обладают различной физиологической активностью при длительном хранении в одинаковых условиях (результаты исследований изменения массы клубней приведены также в таблице 1). Убыль массы в результате процесса дыха-

ния, необходимого для поддержания физиологических процессов клубней, также неоднозначен для сортов данной группы и не имеет прямой пропорциональной зависимости от длины образовавшихся ростков. У сорта Импала при длине ростков до 6 см не отмечена убыль массы, у сортов Натали и Коломба при таких же ростках отмечается снижение массы на 100 г. Аналогичны результаты и по сортам без ростков, с ростками до 1 см, до 3 см и более 3 см, что свидетельствует о генетической основе физиологической активности клубней.

В группу сортов среднераннего срока созревания входил 41 генотип (табл. 2).

Таблица 2. Рост клубневых ростков и изменение общей массы клубней картофеля в период зимнего хранения сортов среднераннего срока созревания коллекционного питомника Горского ГАУ (2021-2024 гг)

Table 2. Growth of tuber sprouts and change in the total weight of potato tubers during winter storage of mid-early ripening varieties of the collection nursery of the Gorsky State Agrarian University (2021-2024)

№ п/п	Сорта	Длина темных ростков на клубнях на дату контроля, см			Масса клубней на дату контроля, кг	
		20-22.01	03-05.03	14-16.04	20-22.01	14-16.04
1	Nikita	0	0	до 1	3,6	3,6
2	Адретта	0,5	2	до 1	3,2	3,1
3	Ажур	0,1	0,5	до 4	2,3	2,2
4	Альваро	0	0	0,5	1,7	1,6
5	Амалия	0,1-0,5	0	1,5	3,8	3,7
6	Аметист	0	0	0,5	2,2	2,2
7	Бабушка	0	0,5	0,5-1	2,4	2,3
8	Васелек	0,1	0,1	0,1	1,5	1,4
9	Виза	0	0	до 0,5	3,6	3,5
10	Витессе	0,3	0,1	до 1	2,3	2,2
11	Владикавказский	3,0	0,1-1	0,5-2	1,5	1,4
12	Волжанин	до 1	1,5-2	до 1	4,0	3,8
13	ВР 808	0	0	0	1,8	1,8
14	Голубой Дунай	0	0	0,5-1	3,0	2,9
15	Женечка	0,1-3,5	1,2	до 2	2,5	2,4
16	Зекура	0,3	до 1	до 1	1,6	1,4
17	Индиго	0,1-3	0,5	1	2,5	2,4
18	Инноватор	0	0	0,5	3,3	3,2
19	Канберра	0	0	0	3,3	3,3
20	Каскад Полесский	1	1-3,5	до 3	3,4	3,3
21	Красавчик	0	0	до 1	2,7	2,7
22	Красавчик	0	0	до 1	2,7	2,7
23	Кузнечанка	5-6	6-7	до 10	2,3	2,2
24	Мемфис	0	0	до 2	1,7	1,7
25	Мисс Блаш	0	0,1	0,5	1,6	1,6
26	Никсе	0	0	0,5	2,6	2,5
27	Океания	0	0	0,5-1	3,1	3,0
28	Предгорный	0	2	до 2,5	2,7	2,6
29	Премьер (Premjer)	3-4	5	до 6	2,2	2,1
30	Радонежский	0	0	до 1	7,2	7,1

Окончание табл. 2/ end of table 2

31	Резерв	0	0,5-3	до 4	2	2,0
32	Родриго	2-3	до 5	4-5	3,3	3,2
33	Романо	0	0	до 1	3,2	3,1
34	Рябинушка	3-4	2-3	2-3	5,4	5,1
35	Садон	0,5	до 1	до 1	2,6	2,4
36	Самба	0	0,5-3	1-2	3,5	3,4
37	Свитанок Киевский	0	до 0,5	0,5	2,2	2,2
38	Фальварак	до 2	1-3	до 5-6	2,4	2,3
39	Фараон	0	до 0,5	до 1	2,1	2,0
40	Фламинго	0	0,1	1,5	1,5	1,5
41	Щербининский	0,5-1	2-3	до 2	3,0	2,9

В данной группе сортов при первичном контроле получены следующие результаты: нулевой рост клубневых ростков отмечен у 23 сортов (56,1%), ростки до 1 см образовали 10 сортов (24,4%), до 3 см – 4 сорта (9,7%), более 3 см – 4 образца (9,7%).

Результаты второго контроля показали, что в группу с отсутствием роста клубневых ростков вошли 16 образцов (39,1%), с ростками до 1 см – 12 сортов (29,3%), ростки которых до 3 см – 12 сортов (29,3%), с ростками более 3 см – 1 образец (2,3%).

При третьем контрольном исследовании с нулевым ростом клубневых ростков зафиксировано только 2 сорта (4,9%). Ростки до 1 см образовали 26 представителей данной группы (63,4%). На 8 экземплярах выявлены ростки длиной до 3 см (19,5%), а на 5 сортах – более 3 см (12,2%).

Контроль изменения массы клубней показал, что данный процесс реализовался не по всем исследуемым сортам данной группы. Снижение массы клубней не было отмечено у 9 сортов (21,9%). На 100 г понизилась масса 26 образцов (63,4%), на 200 г и более – у 4 образцов (9,7%). Как и в предыдущей группе сортов, прямой пропорциональной зависимости снижения массы клубней от длины ростков в период между начальным и конечным контролем в группе сортов среднераннего срока созревания не наблюдается.

В группу сортов среднего срока созревания вошел 31 образец (табл. 3).

Контроль активности роста клубневых ростков в период хранения сортов карто-

феля среднего срока созревания показал, что в начале третьей декады января состояние физиологической активности исследуемых образцов было неравнозначным. Не отмечено пробуждение глазков у 15 сортов (48,4%). Количество образцов с длиной ростков до 1 см достигло 9 штук (29%), с ростками до 3 см – 4 экземпляра (12,9%), с ростками, длина которых превысила 3 см, – 3 сорта (9,6%).

При ранневесеннем контроле исследуемого показателя были получены следующие результаты: нулевым ростом глазков отмечено 8 сортов (25,8%), ростки до 1 см обнаружены у 16 образцов (51,6%), ростки до 3 см – у 3-х и более 3 см – у 4-х сортов, соответственно 9,6 и 12,9% от общего числа сортов данной группы.

Результаты итогового контроля выявили, что лишь на сорт Брук не давал роста ростков (3,2%). Ростки длиной до 1 см образовали 16 сортов (51,6%), длиной до 3 см – 10 сортов (32,3%), длиной более 3 см – 4 сорта (12,9%).

Исследование показало, что изменение массы клубней на момент итогового контроля отмечено следующим уровнем изучаемого параметра: без изменения осталась масса 12 образцов (38,7%), уменьшилась на 100г у 14 образцов (45,1%), и на 200г и более – у 5 сортов (16,1%). Прямой пропорциональной зависимости между длиной клубневых ростков и снижением массы клубней не отмечено и в этой группе сортов.

В группу сортов среднепозднего срока созревания вошло 9 образцов (табл. 4).

Таблица 3. Рост клубневых ростков и изменение общей массы клубней картофеля в период зимнего хранения сортов среднего срока созревания коллекционного питомника Горского ГАУ (2021-2024 гг)

Table 3. Growth of tuber sprouts and change in the total weight of potato tubers during winter storage of mid-season varieties of the collection nursery of the Gorsky State Agrarian University (2021-2024)

№ п/п	Сорта	Длина теневых ростков на клубнях на дату контроля, см			Масса клубней на дату контроля, кг	
		20-22.01	03-05.03	14-16.04	20-22.01	14-16.04
1	Роко	0	0	0,5	3,1	3,1
2	Аврора	0	0,5	до 1	3,3	3,2
3	Арсенал	0,1-1	0,2	0,5	1,7	1,7
4	Брук	0	0	0	2,1	2,1
5	Великан	0	0	до 1	2,8	2,7
6	Вымпел	4-5	1-5	до 6	2,4	2,3
7	Гетсби	до 2	до 2	2	2,5	2,4
8	Гранд	0,2-2,5	до 1,5	0,5-1	2,3	2,2
9	Дубрава	0	до 1	1-4	4,1	3,9
10	Дубрава	0	до 1	1-4	4,1	3,9
11	Дуня	0,1-4	до 1	0,5	2,0	1,9
12	Колобок	0	0	0,5	3,8	3,8
13	Ла Страда	0,5	0,5-1	1-2	2,1	2,0
14	Ладожский	0	0	2,5	5,9	5,8
15	Мандола	0	0,5	0,5	1,4	1,4
16	Мечта	0	0,5	0,5	1,4	1,4
17	Навигатор	0,5	0,5-1	1-1,5	2,0	1,8
18	Надежда	0,5	до 1	до 2	2,8	2,5
19	Накра	0,5	0,5	до 2	2,8	2,8
20	Нальчикский	0	0	0,5-1	3,3	3,2
21	Прайм	0,5-1	0,1	1	1,4	1,3
22	Прибрежный	0,5	0,5-1	1	3,0	2,9
23	Реванш	1	до 4	1-3	1,7	1,6
24	Ресурс	0	0,5	0,5-2	3,6	3,6
25	Ручеек	0	0	0,5-1	4,2	4,1
26	Рябинушка	3-4	2-3	2-3	5,4	5,1
27	Синеглазка	0,5	1	до 2,5	1,5	1,5
28	Скарб	0	0	0,5	3,4	3,4
29	Соточка	до 3	до 4	до 1-1,5	2,7	2,6
30	Сюрприз	0	2	0,5-3	3,3	3,3
31	Терский	2-3	4	4-5	2,5	2,5

Таблица 4. Рост клубневых ростков и изменение общей массы клубней картофеля в период зимнего хранения сортов среднепозднего срока созревания коллекционного питомника Горского ГАУ (2021-2024 гг)

Table 4. Growth of tuber sprouts and change in the total weight of potato tubers during winter storage of mid-late ripening varieties of the collection nursery of the Gorsky State Agrarian University (2021-2024)

№ п/п	Сорта	Длина теневых ростков на клубнях на дату контроля, см			Масса клубней на дату контроля, кг	
		20-22.01	03-05.03	14-16.04	20-22.01	14-16.04
1	Рагнеда	1,0	0-1	2-3	4,2	4,1
2	Воляре	0	0,5	1-2	2,7	2,6
3	Дарница	0	0,1	до 2	2,7	2,6
4	Краса	0	0,1	до 0,5	2,1	2,1
5	Мусинский	0,1-1	0,5	1	3,9	3,8
6	Никулинский	0	0,5	до 1	1,7	1,7
7	Ред Фентези	0	0	0,5	2,8	2,8
8	Сифра	до 0,5	до 3	до 6-7	2,1	2,0
9	Фиолетовый	4-5	3-8	до 10	2,6	2,6

Из вошедших в эту группу 9 сортообразцов без видимого проявления пробуждения глазков отмечено 5 сортов (55,5%), с глазками до 1 см – 3 сорта (33,3%), до 3 см – отсутствовали, более 3 см – 1 сорт (11,1%). Снижение массы клубней на момент итогового контроля отмечено следующими показателями: без снижения – 4 образца (44,5%), снижение на 100г – 5 образцов (55,5%).

Результаты промежуточного контроля показали, что ростки отсутствовали лишь у сорта Ред Фентези, что составляет 11,1% от общего числа образцов. Ростки длиной до 1 см образовали 6 сортов (66,6%), до 3 см – 1 сорт и более 3 см – 1 сорт, что составляет по 11,1% на каждый из них. Завершающий контроль показал, что сортов с не проросшими клубнями в среднепоздней группе нет. Ростки длиной до 1 см образовали 4 сорта (44,4%), до

3 см – 3 сорта (33,3%) и более 3 см – 2 сорта (22,2%). Снижение массы клубней отмечено у 5 сортов и достигает 100 г.

В группе сортов позднего срока созревания исследовались только 2 сортообразца (табл. 5).

У сорта Пикассо ростки длиной до 1 см отмечены лишь при итоговом контроле, при этом снижение массы клубней отмечено на уровне 200 г. У сорта Здабытак уже на первом контрольном мероприятии обнаружены ростки длиной 4 см, однако потеря массы отмечена на том же уровне 200 г, что и по сорту Пикассо.

Проведен анализ изучаемых параметров в отношении сортов картофеля, использованных в гибридизации (табл. 6) и гибридного потомства, полученного от их скрещивания (табл. 7).

Таблица 5. Пробуждение глазков, рост клубневых ростков и изменение общей массы клубней картофеля в период зимнего хранения сортов позднего срока созревания коллекционного питомника Горского ГАУ (2021-2024гг)

Table 5. Awakening of buds, growth of tuber shoots and change in the total weight of potato tubers during winter storage of late-ripening varieties of the collection nursery of the Gorsky State Agrarian University (2021-2024)

№ п/п	Сорта	Длина темных ростков на клубнях на дату контроля, см			Масса клубней на дату контроля, кг	
		20-22.01	03-05.03	14-16.04	20-22.01	14-16.04
1	Пикассо	0	0	до 1	2,2	2,0
2	Здабытак	4	до 7	до 9	3,3	3,1

Таблица 6. Рост клубневых ростков и изменение общей массы клубней в период зимнего хранения сортов картофеля коллекционного питомника Горского ГАУ, использованных в качестве родительских форм в процессе гибридизации (2021-2024 гг)

Table 6. Growth of tuber shoots and change in the total weight of tubers during winter storage of potato varieties from the collection nursery of the Gorsky State Agrarian University, used as parental forms in the hybridization process (2021-2024)

№	Сорта	Срок созревания	Длина темных ростков на клубнях на дату контроля, см			Масса клубней на дату контроля, кг	
			20-22.01	03-05.03	14-16.04	20-22.01	14-16.04
1	Adretta	ранний	0,5	до 1	2	3,2	3,1
2	Алена	ранний	0,5-2	до 3	до 4	2,7	2,6
3	Крепыш	ранний	0,5-1	1-3	3-4	1,9	1,8
4	Любава	ранний	0,5	до 2	до 3	2,3	2,3
5	Red Scarlet	ранний	0	0	0,5-1	1,3	1,3
6	Удача	ранний	0	0,5	до 1	2,3	2,3
7	Метеор	Ранний	0	0	0,5	3,2	3,2
8	Барс	среднеранний	0	0	до 1	4,3	4,2
9	Бриз	среднеранний	0	0	0,5	3,7	3,7
10	Волжанин	среднеранний	до 1	1,5	2	4,0	3,8
11	Premier	среднеранний	3,4	5	6	2,2	2,1
12	Инноватор	среднеранний	0	0	0,5	3,3	3,2

Окончание табл. 6/ end of table 6

13	Romano	среднеранний	0	0	до 1	3,2	3,1
14	Колобок	среднеспелый	0	0	0,5	3,8	3,8
15	Луговской	среднеспелый	0	0	до 1	3,9	3,8
16	Нальчикский	среднеспелый	0	0	0,5-1	3,3	3,2
17	Наяда	среднеспелый	0	0,5	до 1	2,8	2,7
18	Roko	среднеспелый	0	0	0,5	3,1	3,1
19	Фиолетовый	среднепоздний	4-5	до 8	до 10	2,6	2,6
20	Здабытак	позднеспелый	4	до 7	до 9	3,3	3,1

Таблица 7. Рост клубневых ростков и изменение общей массы клубней картофеля в период зимнего хранения гибридов различных селекционных комбинаций селекции Горского ГАУ (2024 г)

Table 7. Growth of tuber sprouts and change in the total weight of potato tubers during winter storage of hybrids of various selection combinations bred by the Gorsky State Agrarian University (2024)

№ п/п	№ селекционной комбинации	Расшифровка номера селекционной комбинации	Длина темных ростков на клубнях на дату контроля, см			Масса клубней на дату контроля, кг	
			20-22.01	03-05.03	14-16.04	20-22.01	14-16.04
1	10.2/153	Барс × Adretta	до 6	6-7	до 10	8,3	8,0
2	10.11/153	Roko × Romano	0	0	0,1	8,6	8,4
3	11.35/12	Инноватор × Premier	0	0,1	0,5	9,5	9,2
5	12.40/1	Любава × Луговской	0,5	1	до 3	15,7	15,1
6	12.41/7	Любава × Барс	0	0	0,5	8,4	8,0
7	12.58/121	Удача × Фиолетовый	1,5	до 3	до 4	12,1	11,4
8	12.64/368	81.14/61 × Здабытак	0,5-2	до 3	3,5	5,0	4,9
9	12.64/394	81.14/61 × Здабытак	3,5	4	4,5	11,9	11,5
10	12.65/3	Нальчикский × Крепыш	0	0,5	до 10	2,3	2,2
11	12.65/5	Нальчикский × Крепыш	0	0,5-1	1,5	2,4	2,3
12	12.66/10	733-65 × Крепыш	0,5	1-2	до 3	7,8	7,5
13	12.66/3	733-65 × Крепыш	0,5	0,5-1	2	8,7	8,3
14	13.61/24	Волжанин × Наяда	4-6	6-7	до 10	6,8	6,5
15	13.61/80	Волжанин × Наяда	5-6	до 7	8	1,4	1,4
16	13.61/83	Волжанин × Наяда	до 6	до 7	до 8	3,3	3,1
17	13.62/15	Фиолетовый × Колобок	до 1	до 2	до 3	3,7	3,6
18	13.62/16	Фиолетовый × Колобок	до 2	до 3	до 5	4,8	4,7
19	13.62/2	Фиолетовый × Колобок	1-3	до 4	до 5	4,1	4,0
20	13.62/24	Фиолетовый × Колобок	0,2	0,5	0,5	6,9	6,6
21	13.62/37	Фиолетовый × Колобок	0,1	0,5	до 3	1,6	1,6
22	13.62/60	Фиолетовый × Колобок	0,1	до 1	до 4	4,4	4,3
23	13.62/90	Фиолетовый × Колобок	до 0,5	до 1	до 2	2,9	2,8
24	14.73/112	Алена × Бриз	0	0	0,1	7,1	6,9
25	14.73/135	Алена × Бриз	2-6	до 8	до 10	16,5	15,6
26	14.73/153	Алена × Бриз	0,5-3	до 4	до 5	12,9	12,3
27	14.73/193	Алена × Бриз	до 1	1-2	2	14,8	14,1
28	14.73/228	Алена × Бриз	0,1	0,5	до 1	14,1	13,7
29	14.73/246	Алена × Бриз	1	до 2	до 3	6,8	6,6
30	14.73/269	Алена × Бриз	0,1	до 3	до 4	14,2	13,6
31	14.73/60	Алена × Бриз	0	0,5	0,5	16,0	15,6
32	14.73/90	Алена × Бриз	0,5	0,5-3	4,0	12,7	12,2
33	14.74/30	Red Scarlet × Бриз	до 4	до 5	до 6	8,3	8,1
34	14.74/67	Red Scarlet × Бриз	до 3	до 4	до 7	16,3	15,7
35	14.76/8	Метеор × Бриз	0	0	0	6,2	6,0
36	14.76/82	Метеор × Бриз	0	0	0,1	12,6	12,4

Представленный в таблице 6 материал свидетельствует о том, что уровень физиологической активности не коррелирует с группой зрелости, то есть это генотипическая особенность. Соответственно, возможно ожидать ее проявление в гибридном потомстве, и от того, в каком состоянии окажутся гены, отвечающие за процесс физиологической активности, доминантном или рецессивном, получится результат исследуемых нами параметров.

Представленный в таблице 7 материал показывает, что в одинаковых условиях гибридное потомство одной и той же родительской комбинации может обладать различной физиологической активностью при длительном хранении клубней. На текущий момент в производственном секторе требуются дополнительные затраты на сдерживание такой физиологической активности, усложняются условия использования проросших клубней, снижается их масса. Реализация селекционного процесса с учетом фактора меньшей активности физиологических процессов в период хранения, получение сортов картофеля, обладающих наряду с общепринятыми хозяйственно ценными признаками, еще и низкой физиологической активностью в период хранения, является целесообраз-

ным направлением, требующем расширения критериев оценки селекционного материала, способствующих решению вопросов снижения потерь и сохранения качества клубней при их длительном хранении.

Выводы. Анализ представленной информации показывает, что в одинаковых условиях, даже между сортами одной группы зрелости, закономерной взаимосвязи видимого проявления активности физиологических процессов (рост клубневых ростков, изменения массы сохраняемых клубней) не прослеживается. Эти процессы зависят от индивидуальных особенностей каждого генотипа. Уровень физиологической активности не коррелирует с группой зрелости.

Сорта Red Scarlet и Бриз, участвующие в родительской селекционной комбинации, обладают хорошими показателями сдержанности роста клубневых ростков в период длительного хранения. На момент третьего контроля длина их клубневых ростков достигала до 1 см.

В одинаковых условиях гибридное потомство одной и той же родительской комбинации может обладать различной физиологической активностью при длительном хранении клубней.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гормональная регуляция клубнеобразования у картофеля / Аксенова Н.П. [и др.] // Физиология растений. 2012. Т. 59. С. 491-508.
2. Басиев С.С., Газдаров М.Д., Джигоева Ц.Г. Влияние возрастающих доз NPK на устойчивость картофеля к фитофторозу // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52, № 2. С. 34-39.
3. Особенности семенной репродуктивности перспективных сортов картофеля и оценка их устойчивости / Басиев С.С. [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2025. Т. 62-1. С. 23-31. DOI 10.54258/20701047_2025_62_1_23. EDN YAQSIW.
4. Джабиев У.Ю., Басиев С.С., Газдаров М.Д. Пути снижения вредоносности растениям картофеля переносчиками вирусной инфекции / Гериева Т.А. [и др.] // Новые технологии. 2025. Т. 21, № 1. С. 123-134.

5. Гериева Т.А., Ревазова З.И., Гериева Ф.Т. Результаты предпосадочной обработки Эместо квантум клубней картофеля в условиях предгорной зоны РСО-Алания // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2025. № 118. С. 135-138.

6. Гериева Ф.Т., Газданова И.О. Оценка сортов картофеля по параметрам урожайности, адаптивности и стабильности в условиях Северо-Кавказского региона // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11 (212). С. 3-9.

7. Казиахмедов Г. Повышение устойчивости продовольственной безопасности России в условиях глобализации мировой экономики. Litres, 2022.

8. Повышение эффективности подбора родительских пар в селекции картофеля / Митюшкин А.В. [и др.] // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26, № 6. С. 249-259.

9. Нуришанова И.Б. РГС как перспективный метод хранения плодовоовощной продукции // Научные основы развития АПК. 2022. С. 42-47.

10. Озерецковская О.Л. Клеточные и молекулярные механизмы иммунитета картофеля // Регуляция роста и развития картофеля / под ред. Чайлахяна М.Х., Мокроносова А.Т. М.: Наука, 1990. С. 131-137.

11. Хранение картофеля / К.А. Пшеченков [и др.]. М.: Агроспас, 2016. 128 с. ISBN 978-5-904610-09-8. EDN MNVTGC.

12. Новые перспективные сорта картофеля для различного целевого использования в товарном производстве / Симаков Е.А. [и др.] // Картофель и овощи. 2024. № 2. С. 35-39.

13. Овэс Е.В., Балун О.В., Гладких С.Н. Технология получения и ускоренного размножения здорового посадочного материала растений картофеля (*solanum tuberosum*) / Семчук Н.Н. [и др.] // АгроЭкоИнженерия. 2023. № 1(114). С. 92-103.

14. Total phenolic, flavonoid, and anthocyanin content in russian potato / Polivanova O.B. [et al.] // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 2024. Vol. 56, No. 2. P. 728-738.

15. Etzaeva K.T., Oves E.V. The use of nutrient media of different composition to increase the number of potato microtubers // Journal of Pharmaceutical Negative Results. 2023. Vol. 14, No. S1. P. 423-427.

REFERENCES

1. Hormonal regulation of tuber formation in potatoes / Aksenova N.P. [et al.] // Plant Physiology. 2012. Vol. 59. P. 491-508. [In Russ.]

2. Basiev S.S., Gazdarov M.D., Dzhioeva Ts.G. Effect of increasing doses of NPK on potato resistance to late blight // Bulletin of the Gorsk State Agrarian University. 2015. Vol. 52, No. 2. P. 34-39. [In Russ.]

3. Features of seed reproduction of promising potato varieties and assessment of their resistance / Basiev S.S. [et al.] // Bulletin of the Gorsk State Agrarian University. 2025. Vol. 62-1. P. 23-31. DOI 10.54258/20701047_2025_62_1_23. EDN YAQSIW. [In Russ.]

4. Ways to reduce the harmfulness of potato plants by viral infection carriers / Gerieva T.A. [et al.] // New technologies. 2025. Vol. 21, No. 1. P. 123-134. [In Russ.]

5. Gerieva T.A., Revazova Z.I., Gerieva F.T. Results of pre-planting treatment of potato tubers with Emesto quantum in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania // Transactions of the Kuban State Agrarian University. 2025. No. 118. P. 135-138. [In Russ.]

6. Gerieva F.T., Gazdanova I.O. Evaluation of potato varieties by parameters of yield, adaptability and stability in the conditions of the North Caucasus region // Bulletin of KrasSAU. 2024. No. 11 (212). P. 3-9. [In Russ.]

7. Kaziakhmedov, G. Increasing the sustainability of food security of Russia in the context of globalization of the world economy. Litres, 2022. [In Russ.]

8. Improving the efficiency of selection of parental pairs in potato breeding / Mityushkin A.V. [et al.] // Bulletin of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2024. Vol. 26, No. 6. P. 249-259. [In Russ.]

9. Nurishanova I.B. RGS as a promising method for storing fruit and vegetable products // Scientific foundations of the development of the agro-industrial complex. 2022. P. 42-47. [In Russ.]

10. Ozeretskoyanskaya, O.L. Cellular and molecular mechanisms of potato immunity // Regulation of potato growth and development / edited by Chailakhyan M.Kh., Mokronosov A.T. Moscow: Nauka, 1990. P. 131-137. [In Russ.]
11. Potato storage / K.A. Pshechenkov [et al.]. Moscow: Agrosbras, 2016. 128 p. ISBN 978-5-904610-09-8. EDN MNVTGC. [In Russ.]
12. New promising potato varieties for various intended uses in commercial production / Simakov E.A. [et al.] // Potatoes and vegetables. 2024. No. 2. P. 35-39.
13. Technology for obtaining and accelerated propagation of healthy planting material of potato plants (*solanum tuberosum*) / Semchuk N.N. [et al.] // AgroEcoEngineering. 2023. No. 1 (114). P. 92-103. [In Russ.]
14. Total phenolic, flavonoid, and anthocyanin content in Russian potato / Polivanova O.V. [et al.] // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 2024. Vol. 56, No. 2. P. 728-738.
15. Etzaeva K.T., Oves E.V. The use of nutrient media of different composition to increase the number of potato microtubers // Journal of Pharmaceutical Negative Results. 2023. Vol. 14, No. S1. P. 423-427.

Информация об авторах / Information about the authors

Басиев Солтан Сосланбекович, доктор сельскохозяйственных наук профессор, заведующий кафедрой Агрономии, селекции и семеноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2920-2143>, e-mail: basiev_s@mail.ru

Цагараева Элеонора Александровна, доктор биологических наук доцент кафедры общественных дисциплин Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, eleonorazag@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1624-737X>

Цугкиева Валентина Батырбековна, доктор сельскохозяйственных наук профессор заведующий кафедрой Технология производства переработки сельскохозяйственной продукции Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2960-8266>, e-mail: tsugkieva.valya@yandex.ru

Джиоева Циала Георгиевна, доктор сельскохозяйственных наук профессор кафедры биологии, Государственное образовательное учреждение профессионального образования «Юго-Осетинский государственный университет им. А.А. Тибилова»; Российская Федерация г. Цхинвалул, ул. В.В. Путина, 8, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5370-6026>, e-mail: yogu@mail.ru.

Царикаев Заурбек Ахарбекович, младший научный сотрудник селекционно-семеноводческого центра, ассистент кафедры Агрономии, селекции и семеноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9056-3199>, e-mail: zaurbek_tsarikaev@mail.ru

Soltan S. Basiev, Dr Sci. (Agr.), Professor, Head of the Department of Agronomy, Breeding, and Seed Production, Gorsky State Agrarian University; 362040, the Russian Federation, Vladikavkaz, 37 Kirov St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2920-2143>, e-mail: basiev_s@mail.ru

Eleonora A. Tsagarayeva, Dr Sci. (Biology), Associate Professor, Department of Social Sciences, Gorsky State Agrarian University; 362040, the Russian Federation, Vladikavkaz, 37 Kirov St., eleonorazag@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1624-737X>

Valentina B. Tsugkieva, Dr Sci. (Agr.), Professor, Head of the Department of Agricultural Production and Processing Technology, Gorsky State Agrarian University; 362040, the Russian Federation, Vladikavkaz, 37 Kirov St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2960-8266>, e-mail: tsugkieva.valya@yandex.ru

Tsiala G. Dzhioeva, Dr Sci. (Biology), A.A. Tibilov South Ossetian State University; Russian Federation, Tskhinval, 8 V.V. Putin St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5370-6026>, e-mail: yogu@mail.ru.

Zaurbek A. Tsarikaev, Junior Researcher, Seed Breeding and Selection Center; Assistant Professor, Department of Agronomy, Breeding, and Seed Production, Gorsky State Agrarian University; 362040, the Russian Federation, Vladikavkaz, 37 Kirov St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9056-3199>, e-mail: zaurbek_tsarikaev@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Басиев Солтан Сосланбекович – научное руководство, методика и методология исследования, участие в обобщении результатов исследований, участие в написании исходного текста, итоговые выводы.

Цагараева Элеонора Александровна – участие в написании текста.

Цугкиева Валентина Батырбековна – участие в проведении расчетов.

Джиеова Циала Георгиевна – участие в проведении расчётов.

Царикаев Заурбек Ахарбекович – участие в проведении исследования и оформлении статьи.

Claimed Contribution of the authors

Soltan S. Basiev – scientific supervision, research methodology, participation in summarizing the research results, participation in writing the original text, and final conclusions.

Eleonora A. Tsagarayeva – participation in writing the text.

Valentina B. Tsugkieva – participation in performing calculations.

Tsiala G. Dzhioeva – participation in performing calculations.

Zaurbek A. Tsarikayev – participation in conducting the research and preparing the article.

Поступила в редакцию 08.12.2025

Поступила после рецензирования 09.02.2026

Принята к публикации 11.02.2026

Received 08.12.2025

Revised 09.02.2026

Accepted 11.02.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-116-132>

УДК [635.21:631.527] (571.1/5)



Влияние приёмов интенсификации на морфометрические показатели сортов картофеля Сибирской селекции

А.С. Батов✉¹, А.А. Малюга², Ю.А. Гуреева¹, К.А. Рогалева¹

¹Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук;
г. Новосибирск, Российская Федерация,
✉alexandr-batov@mail.ru

²Сибирский Федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук;
г. Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация. Цель исследования. Изучение влияния применения средств интенсификации (инсекто-фунгицидного протравителя, гуминовых препаратов и минеральных удобрений) на морфометрические показатели растений сортов картофеля сибирской селекции разных групп спелости. **Объекты и методы исследования.** В качестве объекта исследования выбраны три сорта сибирской селекции: ранний – Юна, среднеранний – Лина и среднеспелый – Златка. Исследования проведены в 2022-2024 гг. в Новосибирской области в почвенно-климатических условиях типичных для лесостепной зоны Западной Сибири. Закладку опыта и проведение учётов осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками. У растений учитывали количество стеблей, длину стеблей и массу растений. Каждый из трех сортов картофеля размещали на фоне с минеральными удобрениями – N₄₀P₄₀K₈₀, а также на фоне естественного плодородия. Предпосадочную обработку клубней проводили инсектофунгицидом Селест Топ, КС с нормами расхода 0,4 и 0,2 л/т в смеси с гуминовыми препаратами Берес-8, Ж (норма расхода 0,2 л/т) и Реликт Р, Ж (0,01 л/т). Полученные данные обработаны методами дисперсионного анализа с определением степени влияния факторов и их взаимодействия. **Результаты и обсуждение.** Установлено, что сорт Юна характеризуется высокой отзывчивостью к оптимизации минерального питания и применению регуляторов роста: на фоне N₄₀P₄₀K₈₀ отмечено достоверное увеличение количества стеблей на 39% и высоты растений на 23,4%, а масса куста возрастала более чем в два раза по сравнению с контролем. Сорт Лина отличался высокими морфологическими показателями и выраженной реакцией на уровень минерального питания, при этом влияние гуминовых препаратов носило второстепенный характер. Сорт Златка проявил высокую стабильность морфологических признаков и слабую отзывчивость к изучаемым агроприёмам. **Заключение.** Эффективность изучаемых приёмов в значительной степени определяется сортовыми особенностями.

Ключевые слова: картофель, сорт, минеральное питание, протравливание клубней, инсектофунгицид, гуминовые препараты, стеблестой, высота растений, масса надземной части, интенсификация, селекция

Для цитирования: Батов А.С., Малюга А.А., Гуреева Ю.А., Рогалева К.А. Влияние приёмов интенсификации на морфометрические показатели сортов картофеля Сибирской селекции. *Новые технологии / New technologies*. 2026; (1):116-132. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-116-132>

Финансирование. Работа выполнена при поддержке бюджетного проекта ИЦиГ СО РАН № FWNR-2026-0033

The influence of intensification techniques on the morphometric parameters of Siberian potato varieties

A.S. Batov✉¹, A.A. Malyuga², Yu.A. Gureeva¹, K.A. Rogaleva¹

¹*Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Federal Research Center, Institute of Cytology and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Novosibirsk; the Russian Federation,
✉alexandr-batov@mail.ru*

²*Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology, the Russian Academy of Sciences; Novosibirsk, the Russian Federation*

Abstract. The goal of the research was to study the effect of intensification agents (insecticide-fungicide seed dressing, humic preparations, and mineral fertilizers) on the morphometric parameters of Siberian potato varieties of different maturity groups. **The objects and methods of the research.** Three Siberian varieties were selected as objects of the research: early *Yuna*, mid-early *Lina*, and mid-season *Zlatka*. The research was conducted in 2022-2024 in the Novosibirsk region under soil and climatic conditions typical of the forest-steppe zone of the Western Siberia. The experiment was set up and records were taken according to generally accepted methods. The number of stems, stem length, and plant weight were recorded. Each of the three potato varieties was placed against a background of mineral fertilizers, N₄₀P₄₀K₈₀, and against a background of natural fertility. Pre-planting treatment of tubers was carried out with the Celeste Top insecticide-fungicide, KS at application rates of 0.4 and 0.2 l/t mixed with the humic preparations Beres-8, Zh (application rate 0.2 l/t) and Relikt R, Zh (0.01 l/t). The obtained data were processed using the methods of variance analysis to determine the degree of influence of factors and their interactions. **The results and discussion.** It was found that *Yuna* variety was characterized by high responsiveness to the optimization of mineral nutrition and the use of growth regulators: against the background of N₄₀P₄₀K₈₀, a reliable increase in the number of stems by 39% and plant height by 23.4% was noted, and the bush weight more than doubled compared to the control one. *Lina* variety was distinguished by high morphological indicators and a pronounced response to the level of mineral nutrition, while the effect of humic preparations was secondary. *Zlatka* variety demonstrated high stability of morphological traits and low responsiveness to the studied agricultural practices. **Conclusion.** The effectiveness of the studied practices was largely determined by varietal characteristics.

Keywords: potato, variety, mineral nutrition, tuber treatment, insectofungicide, humic preparations, stem growth, plant height, aboveground part weight, intensification, breeding

For citation: Batov A.S., Malyuga A.A., Gureeva Yu.A., Rogaleva K.A. The influence of intensification techniques on the morphometric parameters of Siberian potato varieties. *Novye Tehnologii / New Technologies*. 2026; (1):116-132. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-116-132>

Funding. The research was supported by the Institute of Cytology and Genetics SB RAS, project No. FWNR-2026-0033

Введение. Особое внимание в системе защиты картофеля уделяется предпосадочной обработке клубней, поскольку скрытая грибная инфекция и повреждения вредителями в первую половину вегетационного периода негативно влияют на количество и качество урожая [1]. Применение препаратов инсекто-фунгицидного действия позволяет защитить материнские клубни, снизить

инфекционную нагрузку и уменьшить необходимость многократных обработок в период вегетации, что делает метод более безопасным для почвенного биоценоза [2-4].

Использование гуминовых веществ в земледелии имеет долгую историю как в России, так и за рубежом [5, 6]. К началу XXI века была доказана их высокая агроэкологическая и экономическая эффективность

при возделывании сельскохозяйственных культур в различных почвенно-климатических условиях. Установлено, что повышение урожайности и улучшение качественных показателей продукции обусловлены химическим составом гуминовых веществ, их физико-химическими свойствами и технологиями применения [7].

Включение гуминовых препаратов в состав рабочих растворов для предпосадочной обработки семенных клубней способствует повышению устойчивости растений к стрессовым факторам, активизации ростовых процессов, улучшению усвояемости минеральных элементов питания и формированию более развитого ассимиляционного аппарата [8, 9].

Гуминовые соединения в современной агрономической практике используются для повышения эффективности минерального питания, оптимизации усвоения элементов и стимуляции ростовых процессов растений. При этом следует отметить, что гуминовые препараты не являются прямым источником элементов минерального питания и не могут полностью заменить минеральные удобрения. Их основная функция заключается в повышении использования питательных веществ растением, оптимизации обменных процессов в почве и растениях, а также снижении стрессового воздействия неблагоприятных факторов среды [10].

Важным элементом технологии выращивания картофеля является применение оптимальной ресурсосберегающей системы удобрения. Рациональная система удобрения обеспечивает не только повышение урожая и его качества, но и способствует сохранению и улучшению плодородия почвы [11]. В отношении влияния оптимизации минерального питания на развитие и распространенность болезней культуры, и, в частности, ризоктониоза имеются противоречивые сведения. В некоторых работах указывают на то, что минеральные удобрения способствуют росту заболеваемости растений, а другие наоборот – снижению [12, 13].

По данным научных исследований, использование гуминовых препаратов в комплексе с минеральными удобрениями также способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению качества продукции [10].

В современных условиях возрастает интерес к биологизации земледелия и снижению химической нагрузки на агроценозы [8, 9]. Актуальным направлением современных агротехнологий является комплексное применение минеральных удобрений, гуминовых препаратов и средств защиты растений, в том числе инсектофунгицидов, в рамках предпосадочной обработки. Такой подход позволяет повысить эффективность минерального питания, улучшить фитосанитарное состояние посевов и обеспечить формирование высоких и качественных урожаев картофеля. Вместе с тем влияние гуминовых препаратов на морфологические показатели роста сортов картофеля различных групп спелости остается недостаточно изученным, что обуславливает необходимость проведения исследований по данной тематике [14, 15].

Цель исследования.

Целью исследования являлось изучение влияния применения средств интенсификации (инсекто-фунгицидного протравителя, гуминовых препаратов и минеральных удобрений) на морфометрические показатели растений сортов картофеля сибирской селекции разных групп спелости.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи исследования:

1. Изучить влияние средств интенсификации (инсекто-фунгицидного протравителя, гуминовых препаратов и регуляторов роста) на морфометрические показатели сортов картофеля сибирской селекции различных групп спелости.
2. Оценить влияние оптимизированного минерального питания на формирование основных морфологических признаков растений.

3. Определить эффективность комплексного применения предпосадочной обработки клубней и обработок по вегетации в сочетании с минеральными удобрениями, а также выявить сортовые особенности и степень отзывчивости растений на применение изучаемых агроприёмов.

Объекты и методы исследования.

Исследования проведены в 2022-2024 гг. в Новосибирской области в почвенно-климатических условиях, типичных для лесостепной зоны Западной Сибири. Почвенный покров представлен выщелоченным черноземом средней мощности. Глубина гумусового горизонта около 40 см. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы (0...30 см) следующая: гумуса (по Тюрину) – 5 %, общего азота (по Кьельдалю) – 0,34 %, валового фосфора – 0,30 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – 29 и 13 мг/100 г почвы соответственно, рН=6,7...6,8 ед.

Опыт был размещен в четырехпольном севообороте: пшеница яровая – овес – сидеральный пар (рапс) – картофель.

Исследования проведены на трех сортах картофеля сибирской селекции (СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН): раннеспелый – Юна, среднеранний – Лина и среднеспелый сорт Златка.

Закладку опыта и проведение учётов осуществляли в соответствии с общепринятыми методиками. Учёт морфологических показателей растений, включающих количество стеблей, высоту растений и массу куста, проводили на 10-й неделе после посадки. [16, 17].

Каждый из трех сортов картофеля размещали на фоне с минеральными удобрениями – N₄₀P₄₀ K₈₀, а также на фоне естественного плодородия.

Предпосадочную обработку клубней проводили инсектофунгицидом Селест Топ, КС с нормами расхода 0,4 и 0,2 л/т в смеси с гуминовыми препаратами Берес-8, Ж (норма расхода 0,2 л/т) и Реликт Р, Ж (0,01 л/т). Норма расхода рабочей жидкости 10 л/т. По вегетации (в период бутонизации) растения опрыскивали теми же препаратами с нормой 0,2 л/га. Норма расхода рабочей жидкости 300 л/га (табл. 1).

Опыт для каждого сорта и уровня питания закладывали по следующей схеме:

– опыт двухфакторный: фактор А – уровень минерального питания, В – защита растений. Повторность опыта 2-х кратная, количество растений в повторности 24 штуки. Густота посадки 57,1 тыс. растений/га, площадь питания 0,25 на 0,7 м;

– уход за посадками включал довсходовое боронование, междурядную обработку и окучивание; борьба с сорными растениями проводилась с использованием гербицидов Боксер, КЭ (просульфокarb, 800 г/л) с нормой расхода 3 л/га и Фюзилад Супер, КС.

Полученные данные обработаны с помощью статистической программы SNEDECOR [18].

Результаты и обсуждение. В результате исследований установлено, что применение средств интенсификации при возделывании всех изученных сортов картофеля сибирской селекции способствовало увеличению количества стеблей (табл. 2).

Таблица 1. Схема закладки опыта, 2022-2024 гг
Table 1. Trial establishment scheme, 2022-2024

Предпосадочная обработка клубней	Обработка по вегетации
Селест Топ (0,4 л/т) (контроль)	-
Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8, Ж (0,2 л/т)	Берес-8, Ж (0,2 л/га)
Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8, Ж (0,2 л/т)	Берес-8, Ж (0,2 л/га)
Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р, Ж (0,01 л/т)	Реликт Р, Ж (0,2 л/га)
Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р, Ж (0,01 л/т)	Реликт Р, Ж (0,2 л/га)

Таблица 2. Влияние средств интенсификации на количество стеблей у сортов картофеля разных групп спелости (средние за 2022-2024 гг.)

Table 2. The effect of intensification agents on the number of stems in potato varieties of different maturity groups (average for 2022-2024)

Фон минерального питания	Вариант		К-во стеблей, шт.	Среднее по фактору	
	по клубням	по растениям*		фон минерального питания	защита
Юна					
Естественный фон	СТ 0,4 (контроль)	-	2,5	3,2	2,8
	СТ 0,4 + Б.0,2	Б.0,2	4,0		3,5
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	2,9		3,2
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,0		2,9
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,8		3,9
N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	СТ 0,4	-	3,1	3,3	-
	СТ 0,4 + Б. 0,2	Б.0,2	3,1		
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	3,4		
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	2,8		
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	4,1		
НСР ₀₅ частных средних:			1,3		
НСР ₀₅ по факторам:				0,6	0,9
Степень влияния: А – 0,00; В – 0,24; АВ – 0,00					
Лина					
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	-	2,2	2,8	3,0
	СТ 0,4 + Б.0,2	Б.0,2	2,6		2,6
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	2,6		2,8
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,3		3,2
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,3		3,5
N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	СТ 0,4	-	3,9	3,3	-
	СТ 0,4 + Б. 0,2	Б.0,2	2,7		
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	3,1		
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,1		
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,7		
НСР ₀₅ частных средних:			0,8		
НСР ₀₅ по факторам:				0,4	0,6
Степень влияния: А – 0,17; В – 0,06; АВ – 0,26					
Златка					
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	-	3,4	3,7	3,4
	СТ 0,4 + Б.0,2	Б.0,2	3,7		3,5
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	3,9		4,2
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,6		3,7
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,8		3,7
N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	СТ 0,4	-	3,4	3,7	-
	СТ 0,4 + Б. 0,2	Б.0,2	3,3		
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	4,4		
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,8		
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	3,6		
НСР ₀₅ частных средних:			0,5		
НСР ₀₅ по факторам:				0,2	0,4
Степень влияния: А – 0,00; В – 0,44; АВ – 0,21					

Примечание: * – обработку растений проводили однократно в фазу бутонизации

Здесь и далее в таблицах 3 и 4: СТ 0,4 – Селест Топ, КС (норма расхода препарата 0,4 л/т)

СТ 0,4+Б 0,2 – Селест Топ, КС (норма расхода препарата 0,4 л/т)+Берес-8,Ж (норма расхода препарата 0,2 л/т)

СТ 0,2+Б 0,2 – Селест Топ, КС (норма расхода препарата 0,2 л/т)+Берес-8,Ж (норма расхода препарата 0,2 л/т)

СТ 0,4+Р 0,01 – Селест Топ, КС (норма расхода препарата 0,4 л/т)+Реликт Р, Ж (норма расхода препарата 0,01 л/т)

СТ 0,2+Р 0,01 – Селест Топ, КС (норма расхода препарата 0,2 л/т)+Реликт Р, Ж (норма расхода препарата 0,01 л/т)

Б 0,2 – Берес-8, Ж (норма расхода препарата 0,2 л/га)

Р 0,2 – Реликт Р, Ж (норма расхода препарата 0,2 л/га)

Юна. В среднем по фактору «минеральное питание» растений не отмечено достоверное увеличение стеблестоя в случае его оптимизации, прибавка в среднем составила 0,1 шт./куст. В среднем по фактору «защита» существенное увеличение количества стеблей на 1,2 шт./раст. (на 42,9%) наблюдали только в варианте Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р, Ж (0,01 л/т) + Реликт Р, Ж (0,2 л/га) в сравнении с протравливанием посадочных клубней чистым Селест Топом (норма 0,4 л/т). В остальных вариантах также зафиксирован рост данного показателя от 0,1 до 0,8 шт./растение (от 3,6 до 28,6%), но разница не была статистически достоверна.

Анализ средних показал, что комплекс средств интенсификации позволил увеличить стеблестой у растений сорта Юна от 0,3 до 1,6 шт./растение (от 12,0 до 64,0%) во всех вариантах опыта. Достоверный рост данного показателя в сравнении с контролем зафиксирован в следующих вариантах: на фоне естественного плодородия – Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га) и Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р, Ж (0,01 л/т) + Реликт Р, Ж (0,2 л/га) – на 1,3-1,5 шт./растение (на 52,0-60,0%), а также на фоне с минеральными удобрениями в варианте Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) + Реликт Р (0,2 л/га) – на 1,6 шт./растение (на 64,0%).

Наибольшее количество стеблей получено на фоне без удобрений при обработке посадочных клубней Селест Топом (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) с дальнейшим опрыскиванием растений по вегетации Берес-8 (0,2 л/га) и при внесении под культуру удобрений – Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) + Реликт Р (0,2 л/га) – соответственно 4,0 и 4,1 шт./растение, что больше контроля на 1,5-1,6 шт./растение (на 60,0-64,0%).

Лина. В среднем по фактору «минеральное питание» у сорта Лина отмечено существенное увеличение количества стеблей растений на 0,5 шт. или на 17,9%. В среднем по фактору «защита» достоверных различий между вариантами опыта не отмечено.

Наибольших значений данный показатель достиг при использовании для обработки клубней смеси Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) и далее опрыскивания растений Реликтом Р (0,2 л/га) – разница с контролем составила 0,5 шт./растение (на 64,0%), или 16,7%, но разница не была статистически достоверной.

Анализ средних показал, что комплекс средств интенсификации позволил увеличить стеблестой у растений сорта Лина во всех вариантах опыта от 0,4 до 1,7 шт./растение (на 18,2 до 77,3%).

Комплекс факторов обеспечил значимый рост данного показателя по сравнению с контролем на фоне естественного плодородия в следующих вариантах: Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) + Реликт Р (0,2 л/га) и Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) + Реликт Р (0,2 л/га) – на 1,1 шт./растение (на 50%). При оптимизации минерального питания количество стеблей у картофеля достоверно возрастало во всех вариантах (кроме Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га)) на 0,9-1,7 шт./растение (на 40,9-77,2%).

Наибольшее количество стеблей получено на фоне без удобрений при обработке посадочных клубней Селест Топом (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) с дальнейшим опрыскиванием растений по вегетации Реликтом Р (0,2 л/га) и при внесении под культуру удобрений – Селест Топ (0,4 л/т) – соответственно 3,3 и 3,9 шт./растение, что больше контроля на 1,1 и 1,7 шт./растение (на 50,0 и 77,3%).

Златка. В среднем по фактору «минеральное питание» у сорта Златка внесение удобрений под культуру не влияло на стеблестой.

В среднем по фактору «защита» отмечена тенденция к увеличению числа стеблей во всех вариантах опыта от 0,1 до 0,8 шт./растение (на 2,9 до 23,5%). Максимум данный показатель достиг в вариантах Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га), и разница является существенной.

Анализ частных средних показал, что на фоне естественного плодородия все варианты защиты обеспечили тенденцию к увеличению стеблестоя по сравнению с контролем от 0,2 до 0,5 шт./растение (от 5,9 до 14,7%). При использовании минеральных удобрений рост данного показателя отмечен также во всех (кроме Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га)) вариантах опыта от 0,2 до 1,0 шт./растение (от 5,6 до 29,4%). Разница в обоих случаях не была статистически достоверна.

Наибольшее число стеблей зафиксировано как на фоне без удобрений, так и при их использовании при обработке посадочных клубней Селест Топом (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) с дальнейшим опрыскиванием растений по вегетации Берес-8 (0,2 л/га) – соответственно 3,9 и 4,4 шт./растение, что существенно больше контроля на 0,5 и 1,0 шт./растение (на 14,7 и 29,4%).

Анализ морфометрических данных показал, что применение средств интенсификации при возделывании всех изученных сортов привело к увеличению роста растений картофеля в большинстве случаев (табл. 3).

Юна. В среднем по фактору «минеральное питание» у сорта Юна отмечено достоверное увеличение высоты стеблей на 6,7 см (на 13,0%). В среднем по фактору «защита» также наблюдали рост данного показателя во всех вариантах опыта от 0,8 до 6,4 см (от 1,5 до 12,1%). Достоверное превышение высоты контрольных растений отмечено только в варианте Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га) на 6,4 см (12,1%).

Анализ частных средних показал, что применение средств интенсификации оказало ростостимулирующее действие на растения данного сорта. Длина стеблей была выше контрольного значения от 2,2 до 15,3 см (от 4,4 до 30,5%). Достоверный максимальный рост данного показателя отмечен в одном варианте – обработка посадочных клубней Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2

л/т) и опрыскивание по вегетации Берес-8 (0,2 л/га) при выращивании культуры с использованием минеральных удобрений, что на 15,3 см (30,5%) выше контроля.

Лина. В среднем по фактору «минеральное питание» у сорта Лина отмечено значимое увеличение высоты растений на 4,9 см или на 6,5%. В среднем по фактору «защита» также отмечена тенденция к росту длины стеблей во всех (кроме варианта Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) + Реликт Р (0,2 л/га)) на 2,2-4,3 см (на 2,9-5,6%). Максимум данный показатель достиг при обработке посадочного материала смесью Селест Топ (0,2 л/т) с Реликтом Р (0,01 л/т) и дальнейшим опрыскиванием по вегетации Реликтом Р (0,2 л/га) – 4,3 см (5,6%).

Анализ частных средних показал, использование средств интенсификации способствовало росту растений сорта Лина. Длина стеблей во всех вариантах опыта (кроме Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) + Реликт Р (0,2 л/га) на фоне естественного плодородия) была больше контрольного показателя от 0,1 до 8,4 см (от 0,1 до 11,3%). Данный показатель достоверно возрастал при возделывании культуры с использованием минеральных удобрений в следующих вариантах: обработка клубней Селест Топом (0,4 или 0,2 л/т) в сочетании с Берес-8 (0,2 л/т) и опрыскивание растений Берес-8 (0,2 л/га) – на 7,9-8,4 см (на 10,6-11,3%).

Златка. В среднем по фактору «минеральное питание» у сорта Златка отмечена тенденция к увеличению высоты растений на 3,2 см или на 3,6%. В среднем по фактору «защита» также отмечена тенденция к росту длины стеблей в вариантах Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га) и Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) + Реликт Р (0,2 л/га) соответственно на 0,9 и 1,3 см (на 1,0 и 1,4%). Максимум данный показатель достиг в упомянутом последнем варианте.

Таблица 3. Влияние средств интенсификации на длину стеблей у сортов картофеля разных групп спелости (средние за 2022-2024 гг)

Table 3. The effect of intensification agents on the length of stems in potato varieties of different maturity groups (average for 2022-2024)

Фон минерального питания	Вариант		Длина стеблей, см	Среднее по фактору	
	по клубням	по растениям*		фон минерального питания	защита
Юна					
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	-	50,1	51,7	52,7
	СТ 0,4 + Б.0,2	Б.0,2	53,3		55,4
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	52,9		59,1
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	52,3		54,6
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	50,1		53,5
N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	СТ 0,4	-	55,3	58,4	-
	СТ 0,4 + Б. 0,2	Б.0,2	57,5		
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	65,4		
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	56,9		
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	57,0		
НСР ₀₅ частных средних:			7,9		
НСР ₀₅ по факторам:				3,5	5,6
Степень влияния: А – 0,55; В – 0,07; АВ – 0,00					
Лина					
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	-	74,6	75,6	76,4
	СТ 0,4 + Б.0,2	Б.0,2	77,4		80,2
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	74,7		78,6
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	71,7		74,3
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	79,6		80,7
N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	СТ 0,4	-	78,2	80,5	-
	СТ 0,4 + Б. 0,2	Б.0,2	83,0		
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	82,5		
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	76,9		
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	81,8		
НСР ₀₅ частных средних:			7,4		
НСР ₀₅ по факторам:				3,3	5,2
Степень влияния: А – 0,37; В – 0,13; АВ – 0,00					
Златка					
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	-	89,3	88,5	90,0
	СТ 0,4 + Б.0,2	Б.0,2	93,2		90,9
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	84,3		88,7
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	89,6		91,3
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	86,4		89,7
N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	СТ 0,4	-	90,7	91,7	-
	СТ 0,4 + Б. 0,2	Б.0,2	88,6		
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	93,0		
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	93,0		
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	93,1		
НСР ₀₅ частных средних:			13,9		
НСР ₀₅ по факторам:				6,2	9,8
Степень влияния: А – 0,05; В – 0,00; АВ – 0,00					

Анализ частных средних показал, использование средств интенсификации в 67% случаев способствовало росту растений сорта Златка. Длина стеблей во всех вариантах опыта (кроме Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га) и Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) + Реликт Р (0,2 л/га) на фоне без удобрений, а также Селест Топ

(0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га) при оптимизации минерального питания) была больше контрольного показателя от 0,3 до 3,9 см (от 0,3 до 4,4%). Данный показатель у сорта Златка не имел существенных различий с контролем по вариантам опыта.

Масса растения (куста) у картофеля является интегральным показателем, харак-

теризующим общее развитие растений картофеля и их реакцию на условия минерального питания и применение защитно-стимулирующих препаратов. Анализ полученных данных показал, что в 89% случаев применение средств интенсификации повышало данный показатель (табл. 4).

Юна. В среднем по фактору «минеральное питание» у сорта Юна отмечено достоверное увеличение массы куста на 95,8 г или 59,1%. В среднем по фактору «защита» растений также наблюдали рост данного показателя во всех вариантах опыта от 10,9 до 43,1 г/растение, но разница не была статистически значима.

Таблица 4. Влияние средств интенсификации на массу растений (куста) картофеля разных групп спелости (средние за 2022-2024 гг)

Table 4. The effect of intensification agents on the weight of potato plants (bushes) of different maturity groups (average for 2022-2024)

Фон минерального питания	Вариант		Масса 1 растения (куста), г	Среднее по фактору	
	по клубням	по растениям*		фон минерального питания	защита
Юна					
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	-	145,6	162,1	188,8
	СТ 0,4 + Б.0,2	Б.0,2	182,5		231,9
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	137,5		215,3
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	174,4		199,7
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	170,6		214,4
N40P40K80	СТ 0,4	-	231,9	257,9	-
	СТ 0,4 + Б. 0,2	Б.0,2	281,3		
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	293,1		
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	225,0		
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	258,1		
НСР ₀₅ частных средних:			83,3		
НСР ₀₅ по факторам:				37,3	58,9
Степень влияния: А – 0,81; В – 0,04; АВ – 0,10					
Лина					
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	-	327,5	446,9	515,9
	СТ 0,4 + Б.0,2	Б.0,2	462,5		546,9
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	473,8		540,8
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	465,1		515,0
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	505,8		570,6
N40P40K80	СТ 0,4	-	704,3	628,8	-
	СТ 0,4 + Б. 0,2	Б.0,2	631,3		
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	607,9		
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	565,0		
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	635,4		
НСР ₀₅ частных средних:			186,3		
НСР ₀₅ по факторам:				83,3	131,7
Степень влияния: А – 0,64; В – 0,00; АВ – 0,14					
Златка					
Фон естественного плодородия	СТ 0,4 (контроль)	-	498,3	515,6	495,4
	СТ 0,4 + Б.0,2	Б.0,2	580,4		576,3
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	518,3		544,8
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	505,4		534,8
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	475,4		523,7
N40P40K80	СТ 0,4	-	492,4	554,3	-
	СТ 0,4 + Б. 0,2	Б.0,2	572,1		
	СТ 0,2 + Б. 0,2	Б.0,2	571,3		
	СТ 0,4 + Р. 0,01	Р. 0,2	564,1		
	СТ 0,2 + Р. 0,01	Р. 0,2	571,9		
НСР ₀₅ частных средних:			174,1		
НСР ₀₅ по факторам:				77,9	123,1
Степень влияния: А – 0,06; В – 0,00; АВ – 0,00					

Анализ частных средних показал, что во всех вариантах опыта (кроме Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га) на фоне без минеральных удобрений) наблюдали рост массы картофеля от 25,0 до 147,5 г/растение (от 17,2 до 101,3%). Достоверно возростал данный показатель при возделывании культуры на фоне с минеральными удобрениями в следующих вариантах: обработка клубней смесью Селест Топ (0,4 или 0,2 л/т) в комплексе с Берес-8 (0,2 л/га) с дальнейшим опрыскиванием по вегетации Берес-8 (0,2 л/га) или Селест Топ (0,2 л/т) в комплексе с Реликтом Р (0,01 л/га) опрыскиванием растений Реликтом Р (0,2 л/га) – на 112,5-147,5 г/растение (на 77,3-101,3%). Максимальный прирост массы зафиксирован в случае оптимизации минерального питания в варианте Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га) + Берес-8 (0,2 л/га) – 147,5 г/растение (101,3%).

Лина. В среднем по фактору «минеральное питание» у сорта Лина отмечено достоверное увеличение массы растения на 181,9 г или на 40,7%. В среднем по фактору «защита» также отмечен рост данного показателя во всех (кроме Селест Топ (0,4 л/т)+Реликт Р (0,01 л/т)+Реликт Р (0,2 л/га)) вариантах от 24,9 до 54,7 г/растение, но данная разница не была статистически достоверна.

Анализ частных средних показал, во всех вариантах опыта на обоих фонах минерального питания отмечен прирост массы растений картофеля от 135,0 до 376,8 г/растение (от 41,2 до 115,0%) в сравнении с контролем. Достоверное увеличение массы растений у сорта Лина отмечено только при оптимизации минерального питания во всех вариантах опыта от 237,5 до 376,8 г/растение (от 72,5 до 115,0%). Наибольшее значение показателя в данном случае зафиксировано в варианте Селест Топ (0,4 л/т), что на 376,8 г (115,1%) превышает контроль.

Златка. В среднем по фактору «минеральное питание» у сорта Златка отмечено тенденция к росту массы растения, однако разница (38,7 г или 7,5%) не была существенной. В

среднем по фактору «защита» также установлена тенденция к увеличению на фитомассы от 28,3 до 80,9 г/растение или от 5,7 до 16,3%.

Анализ частных средних показал, что во всех (кроме на Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т) + Реликт Р (0,2 л/га) на фоне естественного плодородия и Селест Топ (0,4 л/т) при использовании минеральных удобрений) вариантах опыта масса растений была больше контрольного значения от 7,1 до 82,1 г/растение (от 1,4 до 16,5%). Достоверной разницы между контролем и различными комбинациями по вариантам не отмечено. Наибольшие показатели зафиксированы в варианте Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/га) как на фоне естественного плодородия, так и при оптимизации минерального питания. В этих случаях показатель был соответственно выше контрольного на 82,1 и 73,8 г/растение (на 16,5 и 14,8%).

Ранжирование полученных показателей выявило, что наибольшие морфометрические показатели у сорт Юна были при возделывании культуры с использованием минеральных удобрений (N₄₀P₄₀K₈₀) и протравливанием посадочного материала Селест Топом с нормой расхода 0,2 л/т в смеси с гуминовыми препаратами Реликт Р (норма расхода 0,01 л/т) или Берес-8 (0,2 л/т), а также обработкой растений в период вегетации соответственно Реликтом Р или Бересом-8 (норма расхода 0,2 л/га) – сумма рангов в этих случаях была максимальной среди всего набора вариантов защиты (табл. 5).

Также в группу «лучших объектов» вошло протравливание семенных клубней Селест Топ (норма расхода 0,4 л/т) в смеси с гуминовым препаратом Берес-8 (норма расхода 0,2 л/т) с последующим опрыскиванием растений по вегетации им же с нормой 0,2 л/га, а также протравливание посадочного материала Селест Топ в полной норме расхода. В первом случае культура возделывалась на фоне естественного плодородия, а во втором обработанные клубни данного сорта высаживали на фоне с использованием минеральных удобрений.

Ранжирование вышеуказанных показателей у сорта Лина выявило, что наибольшие морфометрические показатели были при возделывании культуры с использованием минеральных удобрений (N₄₀P₄₀K₈₀) и протравливании посадочного материала Селест Топом с нормой расхода 0,2 л/т в смеси с гуминовым препаратом Реликт Р (норма расхода 0,01 л/т) и обработкой растений в период вегетации им же (норма расхода 0,2 л/га) или протравливании при посадке чистым Селест Топом (0,4 л/т) без использова-

ния гуминовых препаратов – сумма рангов в этих случаях была максимальной среди всего набора вариантов защиты (табл. 6).

Также в группу «лучших объектов» вошло протравливание семенных клубней Селест Топ (норма расхода 0,4 или 0,2 л/т) в смеси с гуминовым препаратом Берес-8 (норма расхода 0,2 л/т) с последующим опрыскиванием растений по вегетации им же с нормой 0,2 л/га. В обоих случаях культура возделывалась с использованием минеральных удобрений.

Таблица 5. Ранжирование морфометрических признаков (количество стеблей, длина стеблей, масса растения) для картофеля сорта Юна

Table 5. Ranking of morphometric characteristics (number of stems, stem length, plant weight) for Yuna potato variety

Место объекта	Уровень минерального питания	Вариант обработки		Сумма рангов
		клубней	растений	
Группа «лучших» объектов				
1	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)	Реликт Р (0,2 л/га)	33,0
2	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8 (0,2 л/га)	33,0
3	Естественное плодородие	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес (0,2 л/га)	26,0
4	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т)	-	25,0
Группа «средних» объектов				
5	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)	Реликт Р (0,2 л/га)	22,0
6	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8 (0,2 л/га)	19,0
7	Естественное плодородие	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)	Реликт Р (0,2 л/га)	18,5
8	Естественное плодородие	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)	Реликт Р (0,2 л/га)	18,0
Группа «худших» объектов				
9	Естественное плодородие	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8 (0,2 л/га)	13,0
10	Естественное плодородие	Селест Топ (0,4 л/т) (контроль)	-	8,5

Таблица 6. Ранжирование морфометрических признаков (количество стеблей, длина стеблей, масса растения) для картофеля сорта Лина

Table 6. Ranking of morphometric traits (number of stems, stem length, plant weight) for Lina potato variety

Место объекта	Уровень минерального питания	Вариант обработки		Сумма рангов
		клубней	растений	
Группа «лучших» объектов				
1	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)	Реликт Р (0,2 л/га)	32,0
2	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т)	-	32,0
3	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8 (0,2 л/га)	28,0
4	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8 (0,2 л/га)	27,5
Группа «средних» объектов				
5	Естественное плодородие	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)	Реликт Р (0,2 л/га)	25,5
6	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)	Реликт Р (0,2 л/га)	21,5
Группа «худших» объектов				
7	Естественное плодородие	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)	Реликт Р (0,2 л/га)	15,5
8	Естественное плодородие	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8 (0,2 л/га)	15,5
9	Естественное плодородие	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)	Берес-8 (0,2 л/га)	15,5
10	Естественное плодородие	Селест Топ (0,4 л/т) (контроль)	-	7,0

Ранжирование морфометрических показателей у сорта Златка показало, что наибольшие их значения отмечены при возделывании культуры на фоне естественного плодородия и протравливании посадочного материала Селест Топом с нормой расхода 0,4 л/т в смеси с гуминовым препаратом Берес-8 (норма расхода 0,2 л/т) и обработкой растений в период вегетации им же (норма расхода 0,2 л/га) – сумма рангов в этом случае была максимальной среди всего набора вариантов защиты (табл. 7).

В группу «лучших объектов» для этого сорта также вошли протравливание семенных клубней Селест Топ (норма расхода

0,2 л/т) в смеси с гуминовым препаратом Берес-8 (норма расхода 0,2 л/т) с последующим опрыскиванием растений по вегетации им же с нормой 0,2 л/га, а также обработка посадочного материала Селест Топом (0,4 или 0,2 л/т) в сочетании с Реликт Ром (0,01 л/т) и далее опрыскиванием растений Реликтом Р (0,2 л/га). Во всех трех случаях культура возделывалась с использованием минеральных удобрений.

Сравнение морфометрических показателей в контрольном варианте со средним значением остальных вариантов опыта показало различную отзывчивость сортов на средства интенсификации (табл. 8).

Таблица 7. Ранжирование морфометрических признаков (количество стеблей, длина стеблей, масса растения) для картофеля сорта Златка

Table 7. Ranking of morphometric characteristics (number of stems, stem length, plant weight) for Zlatka potato variety

Место объекта	Уровень минерального питания	Вариант обработки		Сумма рангов
		клубней	растений	
Группа «лучших» объектов				
1	Естественное плодородие	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)		32,0
2	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)		30,5
3	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)		27,5
4	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)		27,0
Группа «средних» объектов				
5	Естественное плодородие	Селест Топ (0,4 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)		19,5
6	Естественное плодородие	Селест Топ (0,2 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)		19,0
Группа «худших» объектов				
7	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т)		15,0
8	N ₄₀ P ₄₀ K ₈₀	Селест Топ (0,4 л/т)		13,5
9	Естественное плодородие	Селест Топ (0,2 л/т) + Реликт Р (0,01 л/т)		12,5
10	Естественное плодородие	Селест Топ (0,4 л/т) (контроль)		12,5

Таблица 8. Отзывчивость сортов сибирской селекции на средства интенсификации
Table 8. Response of Siberian varieties to intensification agents

Сорт	Вариант	Показатели		
		количество стеблей, шт./растение	средняя длина стеблей, см	масса растения, г
Юна	Контрольный	2,5	50,1	145,6
	Интенсивные	3,8	55,6	217,2
Лина	Контрольный	2,2	74,6	327,5
	Интенсивные	3,1	78,4	561,2
Златка	Контрольный	3,4	89,3	498,3
	Интенсивные	3,7	90,2	539,0

Было установлено, что Юна и Лина обладают высокой отзывчивостью к средствам интенсификации. Количество стеблей у этих сортов было выше контрольных значений соответственно на 52,0 и 40,9%, массы – на 49,2 и 71,4, а длины стеблей на 11,0 и 5,1% при введении в технологию возделывания, помимо протравителя, минеральных удобрений и гуминовых препаратов. В то же время сорт Златка мало реагировал на изученные агроприёмы. Количество стеблей у него было выше контрольного показателя всего на 8,8%, массы – на 8,2, а длины стеблей – на 1,0%.

Установлено, что минеральное питание является ведущим фактором, определяющим рост растений и накопление биомассы у большинства сортов (особенно Юна и Лина), тогда как защитно-стимулирующие обработки в большей степени влияют на формирование стеблестоя и проявляются сортоспецифично, наиболее заметно у Златки. Это свидетельствует о различной экологической пластичности сортов и необходимости дифференцированного подхода к системе питания и защиты при их возделывании.

Заключение.

Юна. Для максимальной реализации морфологического потенциала сорта Юна наибольший эффект обеспечивало сочетание предпосадочной обработки клубней Селест Топ (0,2 л/т) в смеси с Реликтом Р (0,01 л/т) с последующей обработкой растений по вегетации Реликтом Р (0,2 л/га) на фоне оптимизированного минерального питания. В этом варианте было получено достоверное увеличение количества стеблей до 4,1 шт./растение против 2,5 в контроле (на 1,6 шт. или 64 %), а также высоты растений до 57,0 см против 50,1 см (на 6,9 см или 13,8 %). Наибольшая масса куста формировалась при применении Селест Топ (0,2 и 0,4 л/т) в сочетании с Бересом-8 (0,2 л/т) и последующей обработкой Бере-

сом-8 (0,2 л/га) на фоне $N_{40}P_{40}K_{80}$. Сорт Юна характеризуется высокой отзывчивостью к оптимизации минерального питания и комплексному применению препаратов, при этом формирование биомассы куста в наибольшей степени определялось уровнем минерального питания, а влияние гуминовых препаратов проявлялось преимущественно как усиливающий фактор.

Лина. Для максимальной реализации стеблеобразования сорта Лина обработка посадочных клубней Селест Топ (0,2 л/т) в смеси с Реликтом Р (0,01 л/т) с последующим опрыскиванием растений Реликтом Р (0,2 л/га) обеспечивала увеличение количества стеблей до 3,7 шт./растение против 2,2 в контроле (на 1,5 шт. или 68,2 %) при оптимизированном минеральном питании. Для повышения высоты растений наибольший эффект отмечен при применении Селест Топ (0,4 л/т) + Берес-8 (0,2 л/т) + Берес-8, Ж (0,2 л/га). Наибольшая масса куста формировалась на фоне $N_{40}P_{40}K_{80}$, при этом максимальное значение показателя (704,3 г/куст) отмечено в варианте с применением Селест Топ (0,4 л/т), что более чем в два раза превышало контроль. Сорт Лина характеризуется выраженной отзывчивостью к оптимизации минерального питания, тогда как влияние гуминовых препаратов и регуляторов роста на формирование биомассы носило второстепенный характер.

Златка. Морфометрические показатели сорта Златка отличались высокой стабильностью и слабо реагировали как на оптимизацию минерального питания, так и на применение гуминовых препаратов: увеличение количества стеблей составило лишь 0,3 шт./растение (8,8 %), высоты растений – 0,9 см (1,0 %), массы куста – 40,7 г (8,2 %), что находилось в пределах ошибки опыта. Сорт Златка в целом характеризуется высокой генетически обусловленной стабильностью морфологических признаков и низкой отзывчивостью на применяемые агроприёмы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эффективность фунгицидных препаратов в борьбе с ризоктониозом / Васильева С.В. [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2019. № 1 (39). С. 7-11.
2. Смирнова Ю.Д., Фомичева Н.В., Кашкова А.А. Применение кремне-гуминовых препаратов при возделывании картофеля // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. С. 59.
3. Усанова З.И., Прядеин С.Е. Влияние гуминовых препаратов на продуктивность и качество урожая сортов картофеля с фиолетовой мякотью клубней // Картофель и овощи. 2020. Т. 6. С. 27-31.
4. Васильева С.В., Зейрук В.Н., Деревягина М.К. Эффективность протравителей клубней в защите картофеля от болезней в Центральном регионе // Земледелие. 2020. № 4. С. 36-39. doi:10.24411/0044-3913-2020-10410.
5. Коржов С.И., Трофимова Т.А. Земледелие Центрального Черноземья: учебник. Воронеж: ВГАУ им. Императора Петра I, 2016. 415 с. ISBN 978-5-7267-0876-8. EDN WNPBWV.
6. Кудеяров В.Н., Семенов В.М. Проблемы агрохимии и современное состояние химизации сельскохозяйственного производства в Российской Федерации // Агрохимия. 2014. № 10. С. 3-17.
7. Грехова И.В. Влияние гуминовых препаратов на жизнедеятельность растений // Актуальные вопросы развития отраслей сельского хозяйства: теория и практика: материалы Третьей Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) и I Всероссийской конференции молодых ученых АПК (Ростов-на-Дону, 01-03 окт. 2019 г.) / отв. ред. О.С. Безуглова. Ростов н/Д: ЮФУ, 2019. С. 27-33. EDN VQMREL.
8. Kurachenko N.L., Kolesnik A.A. Humus state of agrochernozems in the Chulym–Yenisei forest-steppe under transition to organic farming // Russian Agricultural Sciences. 2024. Т. 50, № 5. С. 461-466.
9. Humic substances as a versatile intermediary / Hriciková S. [et al.] // Life. 2023. No. 13. P. 858. doi:10.3390/life13040858.
10. Влияние агробиотехнологий на почвенное органическое вещество чернозема типичного слабоэродированного / Масютенко Н.П. [и др.] // Земледелие. 2025. № 5. С. 13-18.
11. Westermannl D.T., Davis J.R. Potato nutritional management changes and challenges into the next century // American Potato Journal. 1992. Vol. 69. P. 753-767.
12. Шпанев А.М., Смух В.В., Фесенко М.А. Фитосанитарный эффект применения минеральных удобрений в посадках картофеля в Северо-Западном регионе // Агрохимия. 2017. № 12. С. 38-45.
13. Klikocka H. Influence of NPK fertilization enriched with S, Mg, and micronutrients contained in liquid fertilizer INSOL 7 on potato tubers yield (*Solanum tuberosum* L.) and infestation of tubers with *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani* // J. Elementol. 2009. Т. 14, № 2. P. 271-288.
14. Петров К.В., Арышева С.П., Иванкин Н.Г. Влияние органоминерального комплекса Гумитон и удобрения ФосАгро NPK на продуктивность и накопление ¹³⁷Cs растениями овса на дерново-подзолистой почве и черноземе // Агрохимический вестник. 2025. № 4. С. 72-77.
15. Афиногенова С.Н., Черкасов О.В. Влияние обработок гуматом и комплексными удобрениями на урожайность и показатели качества картофеля сортов Гала и Латона // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 8 (190). С. 68-75.
16. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 351 с.
17. Методика проведения агротехнических опытов, учетов, наблюдений и анализов на картофеле / Жевора С. В. [и др.]. М.: ВНИИКХ, 2019. 119 с.
18. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2012. 282 с.

REFERENCES

1. Efficiency of fungicidal preparations in the fight against rhizoctonia / Vasilyeva S.V. [et al.] // Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2019. No. 1 (39). P. 7-11. [In Russ.]

2. Smirnova Yu.D., Fomicheva N.V., Kashkova A.A. Application of silicon-humic preparations in potato cultivation // *Bulletin of the Russian agricultural science*. 2023. P. 59. [In Russ.]
3. Usanova Z.I., Pryadein S.E. Effect of humic preparations on the productivity and yield quality of potato varieties with purple tuber flesh // *Potatoes and vegetables*. 2020. Vol. 6. P. 27-31. [In Russ.]
4. Vasilyeva S.V., Zeyruk V.N., Derevyagina M.K. Efficiency of tuber dressing agents in protecting potatoes from diseases in the Central region // *Zemledelie*. 2020. No. 4. P. 36-39. doi:10.24411/0044-3913-2020-10410. [In Russ.]
5. Korzhov S.I., Trofimova T.A. *Agriculture of the Central Black Earth Region: a textbook*. Voronezh: VSTU named after Emperor Peter I, 2016. 415 p. ISBN 978-5-7267-0876-8. EDN WNPBWV. [In Russ.]
6. Kudiyarov V.N., Semenov V.M. Problems of agrochemistry and the current state of chemicalization of agricultural production in the Russian Federation // *Agrochemistry*. 2014. No. 10. P. 3-17. [In Russ.]
7. Grekhova I.V. The influence of humic preparations on plant vital activity // *Current issues in the development of agricultural sectors: theory and practice: Proceedings of the Third All-Russian scientific and practical conference (with international participation) and the I All-Russian conference of young scientists of the Agro-industrial complex (Rostov-on-Don, October 1-3, 2019) / ed. by O.S. Bezuglova*. Rostov n / D: SFedU, 2019. P. 27-33. EDN VQMREL. [In Russ.]
8. Kurachenko N.L., Kolesnik A.A. Humus state of agrochernozems in the Chulyum–Yenisei forest-steppe under transition to organic farming // *Russian Agricultural Sciences*. 2024. Vol. 50, No. 5. P. 461-466. [In Russ.]
9. Humic substances as a versatile intermediary / Hriciková S. [et al.] // *Life*. 2023. No. 13. P. 858. doi:10.3390/life13040858.
10. The influence of agrobiotechnology on soil organic matter of typical slightly eroded chernozem / Masyutenko N.P. [et al.] // *Agriculture*. 2025. No. 5. P. 13-18. [In Russ.]
11. Westermann D.T., Davis J.R. Potato nutritional management changes and challenges into the next century // *American Potato Journal*. 1992. Vol. 69. P. 753-767.
12. Shpanev A.M., Smuk V.V., Fesenko M.A. Phytosanitary effect of mineral fertilizer application in potato crops in the Northwestern region // *Agrochemistry*. 2017. No. 12. P. 38-45. [In Russ.]
13. Klikocka H. Influence of NPK fertilization enriched with S, Mg, and micronutrients contained in liquid fertilizer INSOL 7 on potato tubers yield (*Solanum tuberosum* L.) and infestation of tubers with *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani* // *J. Elementol*. 2009. Vol. 14, No. 2. P. 271-288.
14. Petrov K.V., Arysheva S.P., Ivankin N.G. The effect of the organomineral complex Gumiton and PhosAgro NPK fertilizer on the productivity and accumulation of ¹³⁷Cs by oat plants on sod-podzolic soil and chernozem // *Agrochemical Bulletin*. 2025. No. 4. P. 72-77. [In Russ.]
15. Afinogenova S.N., Cherkasov O.V. The effect of humate and complex fertilizer treatments on the yield and quality indicators of Gala and Latona potato varieties // *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2020. No. 8 (190). P. 68-75. [In Russ.]
16. Dospekhov B.A. *Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow: Alliance, 2011. 351 p. [In Russ.]
17. *Methodology for conducting agrotechnical experiments, records, observations, and analyses on potatoes* / Zhevora S.V. [et al.]. Moscow: VNIKH, 2019. 119 p. [In Russ.]
18. Sorokin O.D. *Applied statistics on a computer*. Novosibirsk, 2012. 282 p. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Батов Александр Сергеевич, младший научный сотрудник сектора селекции семеноводства и технологии возделывания картофеля, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук; 630501, Российская Федерация, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, С-200, зд. 5. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6624-8178>, e-mail: alexandr-batov@mail.ru

Малюга Анна Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории защиты зерновых и картофеля отдела защиты растений, Сибирский Федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук; 630501, Российская Федерация, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, ул. Центральная, 7, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9729-2668>, e-mail: anna_malyuga@mail.ru

Гуреева Юлия Александровна, младший научный сотрудник сектора селекции семеноводства и технологии возделывания картофеля; Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук; 630501, Российская Федерация, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, С-200, зд. 5., СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН, Новосибирский р-н, пос. Краснообск, ул. С-200, зд. 5, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4981-7890>, e-mail: gureva97@yandex.ru

Рогалева Кристина Андреевна, научный сотрудник сектора селекции семеноводства и технологии возделывания картофеля, Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал Федерального исследовательского центра институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук; 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск С-200, зд. 5, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3439-7861>, e-mail: kristina.koloshina@yandex.ru

Aleksandr S. Batov, Junior Researcher, Potato Seed Breeding and Cultivation Technology Sector, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Federal Research Center, Institute of Cytology and Genetics, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 630501, the Russian Federation, the Novosibirsk Region, the Novosibirsk District, Krasnoobsk, 5 S-200 st., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6624-8178>, e-mail: alexandr-batov@mail.ru

Anna A. Malyuga, Dr Sci. (Agr.), Chief Researcher, the Laboratory of Grain and Potato Protection, Plant Protection Department, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences; 630501, Russian Federation, Novosibirsk Oblast, Novosibirsky District, urban-type settlement Krasnoobsk, Central Street, 7 st., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9729-2668>, e-mail: anna_malyuga@mail.ru

Yulia A. Gureeva, Junior Researcher, Potato Seed Breeding and Cultivation Technology Sector; the Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Federal Research Center, Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 630501, the Russian Federation, the Novosibirsk Region, the Novosibirsk District, the Krasnoobsk settlement, 5 S-200 st., SibNIISR – Branch of the ICG SB RAS, Novosibirsk District, the Krasnoobsk settlement, 5 S-200 st., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4981-7890>, e-mail: gureva97@yandex.ru

Kristina A. Rogaleva, Researcher, Sector of Potato Seed Breeding and Cultivation Technology, Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – Branch of the Federal Research Center, Institute of Cytology and Genetics, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; 630501, the Russian Federation, the Novosibirsk Region, the Novosibirsk District, Krasnoobsk, 5 S-200 st., ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3439-7861>, e-mail: kristina.koloshina@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Батов Александр Сергеевич – проведение эксперимента, оформление статьи по требованиям журнала.

Малюга Анна Анатольевна – разработка методики исследования.

Гуреева Юлия Александровна – подбор литературных источников.

Рогалева Кристина Андреевна – проведение эксперимента.

Claimed contribution of the authors

Aleksandr S. Batov – conducted the experiment and formatted the article according to the requirements of the Journal.

Anna A. Malyuga – developed the research methodology.

Yulia A. Gureeva – selected literary sources.

Kristina A. Rogaleva – conducted the experiment.

Поступила в редакцию 30.12.2025

Поступила после рецензирования 03.02.2026

Принята к публикации 05.02.2026

Received 30.12.2025

Revised 03.02.2026

Accepted 05.02.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-133-142>

УДК 633.34:[631.559:631.53.04] (470.65)



Структура урожая перспективных сортов сои в зависимости от плотности посева в условиях лесостепной зоны РСО-Алания

К.А. Пех¹, Н.И. Мамсиров¹, А.А. Пех✉², Д.С. Дудиева²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Майкопский государственный технологический университет»;
г. Майкоп, Российская Федерация

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Горский государственный аграрный университет»;
г. Владикавказ, Российская Федерация,
✉artur.gejmer@mail.ru

Аннотация. Введение. В статье изучена структура урожая сортов сои Пума и Амиго, впервые возделываемых в условиях лесостепной зоны РСО-Алания с применением эффективных агротехнических приемов. Полученные данные свидетельствуют о прямой связи между плотностью посева, метрическими показателями и продуктивными качествами перспективных сортов растений сои. **Цель исследований.** Изучение биологической продуктивности и метрических показателей раннеспелых сортов сои в зависимости от плотности посева. **Объекты и методы исследования.** В опытах использовали семена упомянутых сортов сои. В основу методики исследований легла общепринятая методика, опыты проводили по Б.А. Доспехову. Повторность трехкратная, площадь делянок – 24 м², общая площадь опытов – 288 м². Территория исследований – опытные участки Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного сельского хозяйства – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук» (СКНИ-ИГПСХ ВНИЦ РАН). Почвы территории исследований – черноземы, выщелоченные с оптимальными запасами азота (общего и валовых форм) и калия; сумма среднесуточных температур составляет не менее 3000°C. **Результаты и обсуждение.** Проведенное исследование показало, что увеличение плотности посева семян сои по изучаемым сортам Пума и Амиго от 400 до 600 тыс. шт./га способствует снижению общей массы семян (на 3,79-6,82%); уменьшению количества ветвей (на 35,29-43,75%), семян получаемых с одного растения (8,82-12,19%); семян одного боба (на 3,96-5,19%), количества бобов (на 10,33-19,20%). В то же время отмечено увеличение высоты прикрепления нижнего боба (на 3,54-6,82%), высоты растений сои (на 2,78-7,78%) и урожайности (на 14,81-28,76%). **Заключение.** Наиболее продуктивным оказался сорт сои Пума, урожайность которого при максимальной плотности посева составила 1,97 т/га; сорт Амиго показал несколько скромную урожайность – 1,61 т/га, при этом оба сорта при увеличении плотности посева были достаточно продуктивными.

Ключевые слова: соя, раннеспелый сорт, масленичная культура, агротехнический прием, плотность посева, урожайность, способ посева, высота растения, количество семян, масса семян, нижний боб, делянка

Для цитирования: Пех К.А., Мамсиров Н.И., Пех А.А., Дудиева Д.С. Структура урожая перспективных сортов сои в зависимости от плотности посева в условиях лесостепной зоны РСО-Алания. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22(1):133-142. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-133-142>

The yield structure of promising soybean varieties depending on the sowing density in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania

K.A. Pekh¹, N.I. Mamsirov¹, A.A. Pekh^{✉2}, D.S. Dudieva²

¹Maykop State Technological University, Maikop, the Russian Federation

²Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, the Russian Federation,
✉artur.gejmer@mail.ru

Abstract. Introduction. The yield structure of *Puma* and *Amigo* soybean varieties, cultivated for the first time in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania using effective agrotechnical practices was examined. The data obtained indicated a direct relationship between seeding density, metric indicators, and the productive qualities of promising soybean varieties. **The goal of the research** was to study the biological productivity and metric indicators of early-ripening soybean varieties depending on seeding density. **The objects and methods.** The experiments were conducted using seeds of the aforementioned soybean varieties. The research methodology was based on the generally accepted method; the experiments were conducted according to B.A. Dospikhov's method. The research was repeated three times, the plot area was 24 m², the total experimental area was 288 m². The research area consisted of experimental plots at the North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture, a branch of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (SKNIIGPSH VSC RAS). The soils were leached chernozems with optimal nitrogen (total and gross) and potassium reserves; the sum of average daily temperatures was at least 3000°C. **The results and discussion.** The conducted research showed that increase in soybean seeding density of the studied *Puma* and *Amigo* varieties from 400 to 600 thousand pcs/ha contributed to decrease in the total seed weight (by 3.79-6.82%), decrease in the number of branches (by 35.29-43.75%), seeds obtained from one plant (8.82-12.19%), seeds of one pod (by 3.96-5.19%), the number of pods (by 10.33-19.20%); at the same time, an increase in the height of lower pod attachment (by 3.54-6.82%), soybean plant height (by 2.78-7.78%) and yield (by 14.81-28.76%) was noted. **Conclusion.** The most productive soybean variety was *Puma*, the yield of which at maximum sowing density was 1.97 t/ha; *Amigo* variety demonstrated a somewhat modest yield of 1.61 t/ha, while both varieties were quite productive with increased seeding density.

Keywords: soybean, early-maturing variety, oilseed crop, agronomic practice, seeding density, yield, sowing method, plant height, seed number, seed weight, lower pod, plot

For citation: Pekh K.A., Mamsirov N.I., Pekh A.A., Dudieva D.S. The yield structure of promising soybean varieties depending on the sowing density in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania. *Novye tehnologii / New Technologies*. 2026; 22(1):133-142. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-133-142>

Введение. В сельскохозяйственном производстве нашей страны и многих других стран важное значение имеют зернобобовые культуры, среди которых особо приоритетной является соя как культура продовольственная, кормовая и техническая [1], имеющая высокую ценность для экономики страны, отдельных её регионов. Из сельскохозяйственных культур соя по использованию является самой универсальной [2], применение которой в пищевой промышленности на сегодняшний день

набирает большую популярность, поскольку соя считается практически полноценным заменителем мяса из-за высокого содержания в ней белка [13].

Как и все зернобобовые культуры, соя играет важную роль в обогащении полей полноценным атмосферным биологическим азотом [3], поэтому ее возделывание имеет не только продовольственное значение для страны, но и технологически выгодно для производителей сельскохозяйственной продукции – аграриев. Химический состав

зерна сои определяет возможность ее использования, как для получения продуктов питания, так и для кормления животных, а также в качестве сырья в промышленности [4]. По питательной ценности семян и зеленой массы соя превосходит другие бобовые культуры. В сухой массе бобов сои содержится до 24-32% белка, 20-30% углеводов, 13-17%, много разных витаминов, каротина и других элементов [5].

Одним из основных регионов по производству зерна сои в стране может стать Северо-Кавказский регион как наиболее благоприятный и соответствующий необходимым почвенно-климатическим условиям для возделывания этой ценной культуры [6]. Почвы региона отличаются высоким содержанием органического вещества, прочими элементами, способными удовлетворить все потребности растений сои в питательных веществах, повысить урожайность за счет естественного накопления гумуса.

Однако только плодородие почв и только благоприятный климат не могут позволить получить достаточно высокий и стабильный урожай. Увеличение урожайности, валовых сборов и улучшение качества зерна сои в значительной степени зависит от применяемой агротехники [7], методов и приемов возделывания сельскохозяйственных культур: от подготовки почвы и посева до ухода и уборки урожая при сформированных оптимальных условиях вегетации растений; погодных условий [14].

Новые сорта сои – достижения селекции современности – отличаются не только по скороспелости, но и по болезнеустойчивости, прочим биометрическим параметрам. Учитывая, что некоторые агротехнические приемы, которые были разработаны в прошлые годы, оказались недостаточными для выявления биоресурсного потенциала новых сортов сои различных групп спелости, а также в связи с изменениями некоторых параметров климата, внедрением в производство новых высокопродуктивных сортов, развитием механизации и новых удобрительных препаратов, требую-

щих другого подхода к технологии возделывания сои [8], необходимо изучать влияние традиционных и новых способов возделывания растений сои.

Интерес вызывает проблема, касающаяся способов посева сои и нормы высева семян, так как площадь питания и количество питательных веществ в почве является одним из основных факторов роста и развития растений [9]. Данная проблема вытекает из слабой изученности новых сортов сои, в особенности в регионах страны, где интродукция еще не производилась. Наиболее эффективным путем повышения продуктивности сои является изучение и внедрение в производство новых перспективных скороспелых, высокоурожайных, устойчивых к полеганию и осыпанию, а также к болезням сортов [10].

Поскольку возделывание сои имеет также важное агротехническое значение [11] и сою возделывают не только ради семян, используемых для получения масла, кондитерских изделий, других пищевых продуктов, но и с целью обеспечения животноводства кормами в виде зеленой массы, соевой муки, сенажа, сена, силоса [12], изучение продуктивности и отзывчивости данной культуры на различные агротехнические приемы рассматриваются авторами и считаются очень актуальной задачей, стоящей перед аграриями и исследователями.

Цель исследований заключалась в изучении структуры урожая, показателей роста и развития раннеспелых сортов сои Пума и Амиго в зависимости от плотности посева. Ключевой задачей научного исследования являлось установление уровня влияния нормы (плотности) посева семян сои на биометрические показатели вегетации растений, а также изучение показателей урожайности и структуры урожая сои за трехлетний период с 2023 по 2025 гг.

Объект и методы исследований. Объект исследований – сорт сои Пума (селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени

В.С. Пустовойта», г. Краснодар) и сорт сои Амиго (селекции ООО «Соевый комплекс», г. Краснодар); являются раннеспелыми, урожайность зерна при удовлетворяющих потребности растения почвенно-климатических условиях варьирует от 13,6 до 16,0 ц/га (в среднем), максимальная урожайность может достигать 29,8 ц/га. Сорт Пума слабо изучен, сорт Амиго совсем не изучен на предмет продуктивности в условиях лесостепной зоны РСО-Алания.

Территория исследований – опытные участки СКНИИГПСХА ВНИЦ РАН. Почва опытной территории представлена черноземом подтипа «выщелоченный», со средним содержанием органической части почвы (гумуса) в пределах от 4,5 до 6,3% в зависимости от года проведения исследований.

Гидролитическая кислотность небольшая. Почва слабокислая, ближе к нейтральной, рН варьирует от 5,3 до 6,8. Запасы общего азота в полуметровом слое составляют не менее 20,3 т/га, валовых форм азота – 29,7 т/га и калия – 92 т/га; сумма осадков в среднем за трехлетний период не превышает 800 мм, за период вегетации растения – 523 мм; сумма среднесуточных температур – 3000 °С.

Методика исследований – в исследованиях изучали зависимость продуктивных качеств сортов сои при различных нормах (плотности) высева семян (400, 500 и 600 тыс. шт./га). Опыты закладывались на делянках института в трехкратной повторности по общепринятой методике [15]. Общее количество делянок – 12. Размер делянок: длина – 6 м, ширина – 4 м. Общая площадь опыта составляет 288 м², расположение вариантов опытов рандомизированное. Все работы от закладки опытов до уборки урожая проводили вручную. В период вегетации растения осуществляли фенологические наблюдения, наблюдая за ростом растений и началом различных фаз (от появления первого ростка, развития семядольных листьев, формирования тройчатых листьев и ветвления до появления первого цветка, массового цветения и фор-

мирования маленьких бобов, полного формирования бобов с развитием семян, пожелтением листьев и спелости). Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа на основании методики [15].

Результаты и обсуждение. Способность высокоплодородных почв типа «чернозем», подтипа «выщелоченный» удовлетворять потребности растений в питательных веществах давно проверена различными исследователями [1, 3, 10], которые определяли влияние в том числе климатических условий на процессы вегетации и урожайности различных сортов сои, которая считается достаточно пластичной культурой благодаря своей адаптивности к различным срокам и способам сева, а также универсальности применения в качестве пищевой, технической или кормовой культуры, крайне выгодной для аграриев.

Сортовые особенности сои Пума и Амиго определяют полную продолжительность вегетационного периода от 95 до 103 дней, и в заложенных опытах эта продолжительность составила 97 дней для сорта Пума и 101 день для сорта Амиго.

В фазу формирования бобов и налива семян определяли высоту прикрепления нижнего боба, которая определяет доступность для уборки комбайном: чем выше нижний боб, тем легче его собрать, в том числе при уборке урожая вручную. При норме высева семян сои в 400 тыс. шт./га высота прикрепления варьировала от 11,3 (для сорта Пума) до 13,2 см (для сорта Амиго); при увеличении нормы высева до 500 тыс. шт./га высота прикрепления нижнего боба уменьшилась для сорта Пума на 0,88%, для сорта Амиго увеличилась на 3,03%; при увеличении плотности посева до 600 тыс. шт./га, нижний боб прикреплялся выше на 3,54% для сорта Пума в сравнении с нормой в 400 тыс. шт./га и на 4,46% в сравнении с нормой в 500 тыс. шт./га; для сорта Амиго нижний боб прикреплялся на 6,82% выше, чем при норме в 400 тыс. шт./га, и на 3,68% выше, чем при норме в 500 тыс. шт./га. Минималь-

ная высота наблюдалась у сорта сои Пума, которая составляла 11,3, 11,2 и 11,7 см, максимальная у сорта Амиго 13,2, 13,6 и 14,1 см соответственно по нормам высева. При этом высота растений при норме высева в 600 тыс. шт./га была максимальной по обоим сортам сои составила 74 и 97 см соответственно. При норме высева в 500 тыс. шт./га выявили некоторое снижение высоты растения сорта Пума на 1,39% (или 1±2 см), тогда как у сорта Амиго норма высева в 400-500 тыс. шт./га показала положительную тенденцию, высота растений составила 90 и 94 см соответственно (табл. 1).

Количественные характеристики растений сои в зависимости от плотности посева показатели некоторую динамику. Проведенное исследование по определению количества ветвей и бобов на одном растении сои в зависимости от изучаемого сорта, а также семян с одного растения и семян одного боба доказывают, что повышенная норма высева может отрицательно влиять на некоторые параметры растений.

Количество ветвей на одном растении при норме высева семян в 400 тыс. шт./га составило 1,7 шт. у сорта Пума и 1,6 шт. у сорта Амиго; при этом увеличение плот-

ности посева способствовало снижению количества ветвей у сорта Пума на 35,29%, у сорта Амиго на 43,75%; также следует отметить, что норма высева семян в 500 тыс. шт./га показала лишь незначительное снижение количества ветвей на 11,76-12,50%. Количество бобов при минимальной норме высева составляло 21,3 и 22,4 шт. соответственно, при увеличении нормы высева до 500 тыс. шт./га количество бобов снижалось на 2,82 и 2,68%, при увеличении нормы до 600 тыс. шт./га на 10,33-19,20%.

Провели оценку количества семян, получаемых с одного растения и семян одного боба. При норме высева в 400 тыс. шт./га количество семян с одного растения составляло 43,1 и 44,3 шт. у сорта Пума и сорта Амиго соответственно. При увеличении нормы высева число семян, получаемых с одного растения сои, снижалось на 1,35-1,39% (плотность посева 500 тыс. шт./га) и на 8,82-12,19% (плотность посева 600 тыс. шт./га). Данная тенденция связана с конкуренцией за свет, воду и питательные вещества, что приводит к снижению количества формируемых бобов с одного растения при увеличении показателей урожайности с гектара (табл. 2).

Таблица 1. Показатели роста и развития сои в зависимости от нормы высева, 2023-2025 гг
Table 1. Soybean growth and development indicators depending on seeding rate, 2023-2025

№	Наименование сорта	Норма высева, тыс. шт./га	Высота прикрепления нижнего боба, см		Высота растения, см
			на одном растении	ветвей	
1	Пума	400	11,3±1,4	72±4	
		500	11,2±1,5	71±2	
		600	11,7±1,4	74±5	
2	Амиго	400	13,2±1,5	90±3	
		500	13,6±1,7	94±4	
		600	14,1±1,6	97±3	

Таблица 2. Структура урожая сои в зависимости от нормы высева, 2023-2025 гг
Table 2. Soybean crop structure depending on seeding rate, 2023-2025

№	Наименование сорта	Норма высева, тыс. шт./га	Количество, шт.			
			на одном растении		семян с одного растения	семян одного боба
			ветвей	бобов		
1	Пума	400	1,7	21,3	43,1	2,27
		500	1,5	20,7	42,5	2,23
		600	1,1	19,1	39,3	2,18
2	Амиго	400	1,6	22,4	44,3	2,31
		500	1,4	21,8	43,7	2,27
		600	0,9	18,1	38,9	2,19

Кроме того, повышенная густота стояния растений сказывается на количестве получаемых семян с одного боба. При норме высева в 400 тыс. шт./га с боба сорта сои Пума получили 2,27 шт. семян, сорта Амиго – 2,31 шт. семян; при норме 500 тыс. шт./га количество полученных семян было ниже на 1,73-1,76%, при норме 600 тыс. шт./га количество семян с одного боба было ниже на 3,96-5,19% соответственно. Наибольшие количественные показатели получения семян с одного боба отмечены у сорта Амиго (2,31 шт.) при норме в 400 тыс. шт./га, наименьшие у сорта Пума (2,18 шт.) при норме в 600 тыс. шт./га.

Семенная продуктивность также отражает способность растений формировать высокое качество и количество урожая бобов (семян), зависящих не только от генетических особенностей сорта растений сои, но и условий выращивания (климат, почва), агротехнических приемов, в комплексе сказывающихся на получении высокого выхода товарных семян. Наибольшая семенная продуктивность

отмечена у сорта Пума при норме высева в 400 тыс. шт./га и составляет 7,9 г, у сорта Амиго – 7,4 г, при норме высева в 500-600 тыс. шт./га снижается на 1,3-2,1 г (табл. 3).

По сорту Пума масса 1000 семян при плотности посева в 400 тыс. шт./га составила 146 г, а при норме 500 и 600 тыс. шт./га составила 141 (снижение на 3,42%) и 136 г (снижение на 6,85%) соответственно, по сорту Амиго масса 1000 семян составляла 132, 127 и 123 г соответственно, что свидетельствует о снижении на 3,79% и 6,82%. Наибольшая масса 1000 семян отмечена при плотности посева в 400 тыс. шт./га, наименьшая (снижение на 10 г) при плотности посева в 600 тыс. шт./га.

Биологическая урожайность сорта Пума была максимальной при норме высева в 600 тыс. шт./га и составила 1,97 т/га, у сорта Амиго – 1,61 т/га. Разница в урожайности между тремя нормами посева составляет 11,76 и 28,76% (сорт Пума) и 11,63 и 14,81% (сорт Амиго).

Таблица 3. Урожайность сои в зависимости от нормы высева, 2023-2025 гг
Table 3. Soybean yield depending on seeding rate, 2023-2025

№	Наименование сорта	Норма высева, тыс. шт./га	Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га
1	Пума	400	146	1,53
		500	141	1,71
		600	136	1,97
2	Амиго	400	132	1,29
		500	127	1,44
		600	123	1,61

Показатели эффективности возделывания изучаемых сортов сои в зависимости от плотности посева доказывают, что возделывание сорта сои Пума нормой высева 600 тыс. шт./га позволит получить высокую урожайность (в связи с повышенной нормой высева).

Заключение.

1. Норма высева семян сортов сои Пума и Амиго влияет на высоту прикрепления нижнего боба, которая увеличивается (при изменении плотности посева с 400 до 600 тыс. шт./га) на 3,54-6,82% соответственно (составляет 11,7 и 14,1 см), высота растения также отличается на 2,78-7,78% (74 и 97 см).

2. Количество ветвей на одном растении снижалось на 35,29-43,75% (с 1,7 и 1,6 шт. до 1,1 и 0,9 шт.), количество бобов на 10,33-19,20% (с 21,3 и 22,4 шт. до 19,1 и 18,1 шт.), количество семян, получаемых с одного растения на 8,82-12,19% (с 43,1 и 44,3 шт. до 39,3 и 38,9 шт.), семян одного боба на 3,96-5,19% (с 2,27 и 2,31 шт. до 2,18 и 2,19 шт.).

3. Показатели семенной продуктивности также отзывались на густоту посева, и в зависимости от этого масса 1000 семян снижалась на 3,79-6,82% (с 146 г и 132 г до 136 и 123 г), а биологическая урожайность увеличивалась на 14,81-28,76% (с 1,53 и 1,29 т/га до 1,97 и 1,61 т/га).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отзывчивость растений сои на подкормку микроэлементами / Дзанагов С.Х. [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50, № 4. С. 22-26. <https://elibrary.ru/rzdqjj>.
2. Тедеева В.В., Тедеева А.А. Биопрепараты как факторы повышения продуктивности сои // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 7. С. 885-895. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-885-895>.
3. Особенности применения способов обработки почвы при возделывании сои в лесостепной зоне / Нафиков М.М. [и др.] // Аграрная наука. 2024. № 4. С. 70-74. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-70-74>.
4. Жичкина Л.Н. Экономическая оценка выбора системы основной обработки почвы при возделывании сои // Островские чтения. 2022. № 1. С. 89-92. <https://elibrary.ru/rahfbs>.
5. Совершенствование технологии возделывания сои в условиях степной зоны КБР / Бжеумыхов В.С. [и др.] // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2025. № 3 (49). С. 26-35. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2025-3-49-26-35>.
6. Мамсиров Н.И., Мнатсаканян А.А. Перспективные сорта сои и элементы их агротехники // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 3 (101). С. 55-63. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-3-101-55-63>.
7. Оптимальные нормы высева и способы посева перспективных сортов сои в условиях лесостепной зоны РСО-Алания / Казаченко И.Г. [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2011. № 3 (82). С. 6-7. <https://elibrary.ru/pajrad>.
8. Тедеева В.В., Абаев А.А., Тедеева А.А. Продуктивность сортов сои в зависимости от агротехнических приемов // Вестник КрасГАУ. 2023. № 9(198). С. 17-24. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-9-17-24>.
9. Эффективность возделывания сои в зависимости от способа посева и нормы высева / Булавинцев Р.А. [и др.] // Вестник аграрной науки. 2023. № 1(100). С. 56-62. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.1.56>.
10. Иргалина Р.Ш. Эффективность возделывания сои в Республике Башкортостан // Российский электронный научный журнал. 2023. № 4 (50). С. 169-175. <https://doi.org/10.31563/2308-9644-2023-50-4-169-175>.
11. Икоева Л.П., Хаева О.Э., Бацазова Т.М. Влияние сроков посева и норм высева на урожайность сои в условиях предгорной зоны РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. Т. 56, № 1. С. 25-30. <https://elibrary.ru/qlcqep>.
12. Икоева Л.П., Хаева О.Э., Бацазова Т.М. Эффективность применения минеральных удобрений при выращивании сои в условиях предгорной зоны РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55, № 2. С. 33-38. <https://elibrary.ru/uspvri>.
13. Роль биопрепаратов и их баковых смесей в повышении болезнеустойчивости и продуктивности сои / А.Т. Фарниев [и др.] // Нива Поволжья. 2019. № 4 (53). С. 86-92. <https://doi.org/10.36461/NP.2019.52.3.013>.
14. Казаченко И.Г. Оптимальные сроки посева перспективных сортов сои в условиях лесостепной зоны РСО-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2010. Т. 47, № 1. С. 31-34. <https://elibrary.ru/orgtiz>.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс. 2011. 350 с. <https://elibrary.ru/qlcqep>.

REFERENCES

1. Soybean plant response to microelement fertilization / Dzanagov S.Kh. [et al.] // Bulletin of the Gorsk State Agrarian University. 2013. Vol. 50, No. 4. P. 22-26. <https://elibrary.ru/rzdqjj>. [In Russ.]
2. Tedeeva V.V., Tedeeva A.A. Biopreparations as factors for increasing soybean productivity // Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. Vol. 24, No. 7. P. 885-895. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-06-885-895>. [In Russ.]
3. Features of the application of soil cultivation methods in the cultivation of soybeans in the forest-steppe zone / Nafikov M.M. [et al.] // Agrarian science. 2024. No. 4. P. 70-74. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-381-4-70-74>. [In Russ.]
4. Zhichkina L.N. Economic assessment of the choice of the primary soil cultivation system in the cultivation of soybeans // Ostrovskie readings. 2022. No. 1. P. 89-92. <https://elibrary.ru/rahfbs>. [In Russ.]
5. Improving the technology of soybean cultivation in the conditions of the steppe zone of the KBR / Bzheumykhov V.S. [et al.] // Bulletin of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov. 2025. No. 3(49). P. 26-35. <https://doi.org/10.55196/2411-3492-2025-3-49-26-35>. [In Russ.]
6. Mamsirov N.I., Mnatsakanyan A.A. Promising soybean varieties and elements of their agricultural technology // Bulletin of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2021. No. 3(101). P. 55-63. <https://doi.org/10.35330/1991-6639-2021-3-101-55-63>. [In Russ.]
7. Optimum seeding rates and sowing methods of promising soybean varieties in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania / Kazachenko I.G. [et al.] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2011. No. 3 (82). P. 6-7. <https://elibrary.ru/pajrad>. [In Russ.]
8. Tedeeva V.V., Abaev A.A., Tedeeva A.A. Productivity of soybean varieties depending on agro-technical practices // Bulletin of KrasSAU. 2023. No. 9 (198). P. 17-24. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-9-17-24>. [In Russ.]
9. Efficiency of soybean cultivation depending on the sowing method and seeding rate / Bulavintsev R.A. [et al.] // Bulletin of agrarian science. 2023. No. 1 (100). P. 56-62. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2023.1.56>. [In Russ.]
10. Irgalina R.Sh. Efficiency of soybean cultivation in the Republic of Bashkortostan // Russian electronic scientific journal. 2023. No. 4(50). P. 169-175. <https://doi.org/10.31563/2308-9644-2023-50-4-169-175>.
11. Ikoeva L.P., Khaeva O.E., Batsazova T.M. The influence of sowing dates and seeding rates on soybean yields in the conditions of the foothill zone of North Ossetia-Alania // News of the Mountain State Agrarian University. 2019. Vol. 56, No. 1. P. 25-30. <https://elibrary.ru/qlcqep>. [In Russ.]
12. Ikoeva L.P., Khaeva O.E., Batsazova T.M. Efficiency of using mineral fertilizers in growing soybeans in the foothill zone of the Republic of North Ossetia-Alania // Bulletin of the Gorsk State Agrarian University. 2018. Vol. 55, No. 2. P. 33-38. <https://elibrary.ru/uspvri>. [In Russ.]
13. The role of biological products and their tank mixtures in increasing disease resistance and productivity of soybeans / A.T. Farniev [et al.] // Niva Povolzhya. 2019. No. 4 (53). P. 86-92. <https://doi.org/10.36461/NP.2019.52.3.013>. [In Russ.]
14. Kazachenko I.G. Optimal sowing dates for promising soybean varieties in the forest-steppe zone of the Republic of North Ossetia-Alania // Bulletin of the Gorsk State Agrarian University. 2010. Vol. 47, No. 1. P. 31-34. <https://elibrary.ru/orgtiz>. [In Russ.]
15. Dospekhov B.A. Field experiment methodology: (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance. 2011. 350 p. <https://elibrary.ru/qlcqep>. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Пех Кристина Алановна, аспирант кафедры «Технологии производства сельскохозяйственной продукции», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4944-6604>, e-mail: kristina.pekhgubayeva@mail.ru

Мамсиров Нурбий Ильясович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологии производства сельскохозяйственной продукции», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>, e-mail: nur.urup@mail.ru

Пех Артур Александрович, старший преподаватель кафедры землеустройства и экологии, начальник научного отдела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, д. 37, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0413-5696>, e-mail: artur.gejmer@mail.ru

Дудиева Дзерасса Сергеевна, магистрант кафедры агрономии, селекции и семеноводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Горский государственный аграрный университет»; 362040, Российская Федерация, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Кирова, д. 37, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6027-9749>, e-mail: dudievadzerassa777@gmail.com

Christina A. Pekh, Postgraduate student, the Department of Agricultural Production Technology Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, the Republic of Adygea, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4944-6604>, e-mail: kristina.pekhgubayeva@mail.ru

Nurbiy I. Mamsirov, Dr Sci. (Agr.), Associate Professor, Head of the Department of Agricultural Production Technologies, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, the Republic of Adygea, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>, e-mail: nur.urup@mail.ru

Arthur A. Pekh, Senior Lecturer, Department of Land Management and Ecology, Head of the Research Department, Gorsky State Agrarian University 362040, the Russian Federation, the Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, 37 Kirov St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0413-5696>, e-mail: artur.gejmer@mail.ru

Dzerassa S. Dudieva, Master's student, Department of Agronomy, Breeding, and Seed Production, Gorsky State Agrarian University; 362040, the Russian Federation, the Republic of North Ossetia-Alania, Vladikavkaz, 37 Kirov St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6027-9749>, e-mail: dudievadzerassa777@gmail.com

Заявленный вклад соавторов

Пех Кристина Алановна – подбор литературных источников и проведение эксперимента в 2023-2025 гг.

Мамси́ров Нурбий Ильясович – разработка методики исследований, и обработка результатов полевых опытов.

Пех Артур Александрович – проведение эксперимента в 2023-2025 гг., обработка результатов исследований.

Дудиева Дзерасса Сергеевна – подбор литературных источников и проведение эксперимента в 2024-2025 гг.

Claimed contribution of the authors

Christina A. Pekh – selection of literary sources and implementation of the experiment in 2023-2025.

Nurbiy I. Mamsirov – development of the research methodology and processing of field experiment results.

Arthur A. Pekh – conducting the experiment in 2023-2025, processing of the research results.

Dzerassa S. Dudieva – selection of literary sources and implementation of the experiment in 2024-2025.

Поступила в редакцию 15.12.2025

Поступила после рецензирования 05.02.2026

Принята к публикации 09.02.2026

Received 15.12.2025

Revised 05.02.2026

Accepted 09.02.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-143-154>

УДК [577.114:547.458] (470.6)



Физико-химическое исследование накопления водорастворимых полисахаридов *Inula helenium* L. Северо-Кавказского региона

М.И. Стальная, Н.О. Сичко✉

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»;
г. Майкоп, Российская Федерация,
✉sichko1971@mail.ru

Аннотация. Введение. На использовании природных местных источников лекарственного сырья с высокой фармакологической активностью и значительной сырьевой базой направлена основа долгосрочного развития фармацевтического производства России в сфере импортозамещающих товаров. Достаточно перспективным в данном контексте является девясил высокий, у которого корни и корневища широко используются в качестве лекарственного сырья, но при этом к побочным продуктам переработки относят его надземные зелёные части. Это и послужило обоснованием их выбора в качестве нашего объекта исследования. **Цель исследования.** Сравнительное определение физико-химических характеристик водорастворимого полисахаридного комплекса девясила высокого (*Inula helenium* L.), произрастающего на территории Республики Адыгея; исследование сезонной динамики накопления сложных высокомолекулярных углеводов различных органов растения; установление оптимального срока заготовки сырья. **Объекты и методы исследования.** В процессе исследования были использованы основные стандартные методы анализа, позволяющие провести всестороннюю оценку качества и подлинности исследуемого растительного сырья. **Результаты и обсуждение.** В рамках исследовательской работы нами был проведён аналитический контроль водорастворимых биологически активных соединений в природных популяциях *Inula helenium* L., произрастающих в предгорной зоне Республики Адыгея, а также произведён подбор оптимальных условий процесса экстракции водорастворимых полисахаридов корней изучаемого растения. Показано, что значительное количество водорастворимых полисахаридов накапливает дикорастущее сырьё изучаемого вида, произрастающего на территории Адыгеи. В надземных и подземных частях растения определены сезонные колебания концентраций продуктов первичного метаболизма (водорастворимого полисахаридного комплекса). Установлено, что в течение всего времени активного роста и развития растения, вплоть до периода массового семяобразования и подготовки растения к покою в зимний период, увеличивается содержание растворимых углеводов в корнях и корневищах растения. **Заключение.** Перспективность проведённых научных исследований доказывают полученные нами результаты, которые имеют не только теоретическую, но и практическую ценность с целью установления научно обоснованных временных рамок заготовки сырья.

Ключевые слова: растительное сырьё, водорастворимые полисахариды, экстрагирование, динамика накопления, оптимальные условия извлечения

Для цитирования: Стальная М.И., Сичко Н.О. Физико-химическое исследование накопления водорастворимых полисахаридов *Inula helenium* L. Северо-Кавказского региона. *Новые технологии* / *New technologies*. 2026; 22(1):143-154. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-143-154>

Physical and chemical research of the accumulation of *Inula helenium L.* water-soluble polysaccharides in the North Caucasus region

M.I. Stalnaya, N.O. Sichko✉

Maykop State Technological University; Maikop, the Russian Federation,
✉sichko1971@mail.ru

Abstract. Introduction. The long-term development of the Russian pharmaceutical production in the field of import-substituting goods is based on the use of natural local sources of medicinal raw materials with high pharmacological activity and a significant raw material base. Elecampane is quite promising in this context, its roots and rhizomes are widely used as medicinal raw materials, but its aboveground green parts are classified as by-products of processing. This served as the rationale for choosing them as the object of our research. **The goal of the research** is comparative determination of the physicochemical characteristics of the water-soluble polysaccharide complex of elecampane (*Inula helenium L.*), growing in the Republic of Adygea; research of the seasonal dynamics of accumulation of complex high molecular weight carbohydrates in various plant organs; establishment of the optimal time for raw material procurement. **The objectives and methods of the research.** In the research, the main standard methods of analysis were used, allowing for a comprehensive assessment of the quality and authenticity of the studied plant raw materials. **The results and discussion.** As part of the research, analytical monitoring of water-soluble biologically active compounds in natural populations of *Inula helenium L.* growing in the foothills of the Republic of Adygea has been conducted; and optimal conditions for the extraction of water-soluble polysaccharides from the roots of the studied plant have been selected. It has been demonstrated that the wild-growing raw materials of the species, growing in Adygea, accumulate significant amounts of water-soluble polysaccharides. Seasonal fluctuations in the concentrations of primary metabolism products (water-soluble polysaccharide complex) have been determined in the above-ground and underground parts of the plant. It has been established that the content of soluble carbohydrates in the roots and rhizomes of the plant increases throughout the period of active growth and development, right up to the period of mass seed formation and preparation for winter dormancy. **Conclusion.** The promising nature of the conducted scientific research is demonstrated by our results, which have not only theoretical but also practical value for the purpose of establishing scientifically substantiated timeframes for raw material procurement.

Keywords: plant materials, water-soluble polysaccharides, extraction, accumulation dynamics, optimal extraction conditions

For citation: Stalnaya M.I., Sichko N.O. Physical and chemical research of the accumulation of *Inula helenium L.* water-soluble polysaccharides in the North Caucasus region. *Novye tehnologii / New technologies.* 2026; 22(1):143-154. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-1-143-154>

Введение. Расширение за счёт растений отечественной флоры ассортимента доступного и эффективного лекарственного растительного сырья является принципиальным подходом к улучшению эффективности системы здравоохранения в целом [1]. Препараты растительного происхождения, за редким исключением, обладают рядом существенных преимуществ: у них при длительном применении отмечена минимальная токсичность, отсутствуют опасные побочные эффекты и низкая аллергическая реакция, у пациентов различных

возрастных групп установлена хорошая переносимость, не наблюдается привыкание даже при продолжительном использовании. Особую ценность фитопрепараты представляют благодаря своей высокой совместимости с другими лекарственными средствами и между различными фитотерапевтическими препаратами. Это свойство делает их незаменимыми как при различных профилактических мероприятиях и комплексной терапии хронических заболеваний, а так и при длительном медикаментозном лечении [2, 3].

В последнее время в фокусе внимания остро поставлен вопрос о расширении местного природного потенциала сырья посредством поиска новых сырьевых источников, что обеспечивает условия безопасной, длительной компенсации нарушений метаболизма углеводов и позволяет минимизировать проявление побочных эффектов у заболевших. Девясил высокий может являться одним из подобных источников для данных фитотерапевтических средств. О массовом использовании девясила высокого этномедициной свидетельствует проведённый обзор научной литературы, рассматривающей использование лекарственных препаратов, содержащих важнейшие биологически активные компоненты растительного сырья, определяющие его фармакологические свойства.

Растения девясила высокого (*Inula helenium* L.) можно повсеместно встретить в центральной Европе, на территории азиатских стран и на африканском континенте. Данный вид отнесён к семейству астровых (*Asteraceae*), к виду многолетних растений рода Девясил (*Inula*) [4, 5]. Для лечения ран в качестве противовоспалительного, ранозаживляющего и антимикробного средства применяют водные настои из высушенной травы этого растения [6, 7].

К значительному сокращению запасов растительного сырья, среди которых находятся и многолетние растения семейства Астровых, приводят антропогенное влияние человека на окружающую природу и связанные с этим существенные экологические сдвиги. Для решения указанной проблемы мы рекомендуем привлечение потенциала разных видов девясила, а именно девясила высокого, природные заросли которого широко распространены на всей территории Северо-Кавказского региона.

Отмечено, что фрагментарный характер носят сведения о фармакологических свойствах и химическом составе как корней с корневищами, так и надземных органов девясила высокого. В этой связи считаем актуальным изучение физико-химического

состава данного растения с целью его внедрения в научную медицину.

Цель исследования. Сравнительное определение физико-химических характеристик водорастворимого полисахаридного комплекса *Inula helenium* L., произрастающего на территории Республики Адыгея; исследование сезонной динамики накопления биологически активных соединений (БАС) подземной части растения; установление оптимального срока заготовки сырья.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являются дикорастущие популяции лекарственного растения девясила высокого (*Inula helenium* L.), заготовленные в экологически чистой предгорной зоне Республики Адыгея на высоте 480 м над уровнем моря в начале мая - конце ноября 2025 года. Сырьём выступали корни, листья и облиственные цветоносные побеги, которые можно заготавливать несколько раз за сезон в жарких климатических условиях.

Методы исследования. Применяли технологический ультразвуковой аппарат «Волна» для интенсификации процесса извлечения водорастворимых полисахаридов (ВРП), в принципе работы которого заложено использование колебаний ультразвука высокой интенсивности для ускорения массо- и теплообменных реакций; на аналитических весах «WA-21» проводили весовой анализ; высушивание свежеобранного растительного материала до постоянной массы – в сушильном шкафу с принудительной воздушной конвекцией «SNOL 58/350»; экстракцию проводили в инфундирном аппарате с электроподогревом «АИ-3». Очищенную воду и спирт этиловый использовали в качестве экстрагента, прочие условия процесса извлечения подбирались экспериментально.

Для количественного определения показателей поглощения готовых экстрактов образцы помещали в растворители при соотношении 1:10. В соответствии с выбранной методикой извлечения по окончании процесса экстракции проводили фильтрацию и полученные выжимки отжимали

в перфорированном стакане, после чего измеряли объём готового извлечения.

Гравиметрически отмеряли по 10,0 г высушенного цельного и измельченного растительного сырья, после чего заливали навески очищенной водой и готовили водные извлечения в соответствии с ОФС.1.4.1.0018.15. «Настои и отвары» для установления коэффициента водопоглощения [8]. Остаточная сырьевая масса подвергалась механическому отжиму. Процедура проводилась в перфорированном стакане инфундирного аппарата, который обеспечивает максимальное отделение жидкости от растительного материала. Для обеспечения чистоты и удаления мелких частиц сырья из полученного водного извлечения его пропускали через фильтр, после фильтрации производился точный замер объёма конечного продукта.

Как средний арифметический результат трёх параллельных определений рассчитывали коэффициент водопоглощения ($K_{вп}$), который рассчитывали по следующей формуле:

$$K_{вп} = \frac{V_1 - V_2}{a},$$

где V_1 – объём водного извлечения, который необходимо получить, мл;

V_2 – объём водного извлечения, который был получен после отжатия сырья, мл;

a – навеска растительного сырья, отмеренная для приготовления водного извлечения, г.

Результаты и обсуждение. В ходе проведения фитотерапевтических исследований была выявлена сезонная специфика заготовки сырья изучаемого растения. Весенний период сбора (апрель) оказался неподходящим по следующим причинам: невозможно было точно идентифицировать растения, поскольку в данный вегетационный период отмечено отсутствие характерных морфологических признаков и недоразвитость надземных органов. В этой связи ежемесячно с середины мая до середины ноября вдалеке от автодорог и населённых пунктов нами была произведена заготовка растительного лекарственного сырья. Образцы соби-

рали в естественных природных зарослях, произрастающих в экологически чистом предгорном районе Республики Адыгея.

Процесс заготовки лекарственного сырья включал следующие технологические стадии: срезка необходимой длины зелёных частей растения, аккуратное их отделение от корневой системы, выкапывание подземной части, их механическая очистка от почвенных загрязнений и удаление остатков надземных частей, последующее измельчение материала до необходимых размеров.

Регулярно переворачивая воздушно-теплым способом в хорошо проветриваемом помещении с хорошей вентиляцией, производили высушивание сырья до постоянной массы, при этом раскладывали образцы тонким слоем на сетчатых стеллажах.

Упаковывали сырьё в тканевые мешки и, соблюдая основные требования к условиям сохранности ЛРС, защищали заготовленное сырьё от попадания солнечных лучей, контролировали регулярно качество заготовленного растительного материала.

Изначально для заготовленных образцов был рассчитан коэффициент водопоглощения, который является важным критерием, характеризующим способность 1 грамма растительного материала удерживать определенное количество воды (в миллилитрах) после процесса отжима в перфорированном стакане инфундирного аппарата. Данный показатель имеет практическое применение. Он используется при расчётах объёма воды для приготовления водных извлечений для определения необходимого количества сырья и в технологических процессах изготовления отваров и настоев.

В качестве растворителей использовали воду очищенную и водно-спиртовые растворы этанола различной концентрации.

Методология исследования проводилась согласно требованиям общей фармакопейной статьи ОФС.1.5.3.0012 «Определение коэффициента водопоглощения и расходного коэффициента лекарственного растительного сырья» [9], которая регламентирует условия проведения экспери-

мента, порядок расчёта расходных коэффициентов и методику измерения коэффициентов поглощения.

Полученные результаты поглощающей способности сырья надземных органов *Inula helenium* L. в отношении различных растворителей показаны в таблице 1.

Установлено, что в случае экстракции водой наибольшим коэффициентом поглощения обладают как листья (1,66 мл/г), так и трава (1,86 мл/г) девясила. При условии получения водно-спиртовых извлечений показано, что листья и трава удерживают меньше растворителя в 1,5-2 раза, а величина коэффициента поглощения находится в пределах 1,11-1,36 мл/г. Предположительно наличием полисахаридного комплекса в изучаемом лекарственном сырье могут быть обусловлены подобные различия.

Сахариды, гидролиз молекул которых сопровождается их распадом и образованием молекул мономеров, называют полиозами, или полисахаридами. Эти сахаридные полимеры относят к высокомолекулярным соединениям, образование которых возможно при конденсации в процессе биохимического синтеза из более чем пяти моносахаридных остатков; они являются первичными ресурсами растительного метаболизма. Условно молекулы полисахаридов можно представить, как ангидридоподобные соединения, являющиеся продуктами синтеза нескольких молекул моносахаридов с выделением воды. Все комплексы полисахаридов имеют гликозидное строение [10].

Накопление наибольшего количества полисахаридов отмечено в подземных органах, немного меньше – в семенах и плодах, тем не менее они обнаружены во всех частях растений. Установлено, что основным способом извлечения водорастворимых полимеров, содержащих больше десяти моносахаридных остатков из растительной матрицы, является водный процесс экстрагирования с дальнейшим их осаждением концентрированным этанолом.

В природе полисахаридные структуры широко распространены. Они находятся во всех животных и растительных организмах, поскольку участвуют в иммунологических процессах (гликопротеиды животных клеток и липополисахариды бактерий); являются структурным скелетным каркасом (хитин, целлюлоза, гемицеллюлоза); энергетическим резервным материалом клетки (гликоген, крахмал, слизи, инулин); обладают защитными функциями (гепарин, гиалуроновая кислота). Полисахаридные агрегаты различных групп содержит в своем составе каждое растение. Тем не менее, не каждый растительный вид может являться источником конкретной группы высокомолекулярных углеводов из-за сильных количественных колебаний входящих в него биополисахаридов. В растворенном в клеточном соке или в клетках-мешках полисахаридные молекулы (гемицеллюлоза, целлюлоза хитин) локализуются в виде глобул инулина, крахмальных зёрен или слизи.

Таблица 1. Результаты зависимости коэффициента водопоглощения надземных органов девясила высокого от растворителя

Table 1. The results of the dependence of the water absorption coefficient of the aboveground organs of *Elecampane* on the solvent

Экстракт	Коэффициент водопоглощения, мл/г	
	трава	листья
Вода очищенная	1,86 ± 0,03	1,66 ± 0,04
Этанол 40 %	1,34 ± 0,04	1,36 ± 0,02
Этанол 50 %	1,28 ± 0,08	1,32 ± 0,05
Этанол 60 %	1,23 ± 0,05	1,27 ± 0,02
Этанол 70 %	1,16 ± 0,06	1,23 ± 0,03
Этанол 80 %	1,14 ± 0,03	1,17 ± 0,06
Этанол 90 %	1,11 ± 0,04	1,14 ± 0,04

Именно в корнях и корневищах *Inula helenium* L. отмечен богатый химический состав, включающий такие основные группы БАС, как инулин, количество которого достигает до 44%, а также водорастворимые полисахариды, эфирные масла (алантовое масло накапливается до 3 %), фенольные соединения, органические кислоты, алкалоиды, макро- и микроэлементы, камеди, растительные смолы [11, 12].

Водные экстракты из корней и корневищ девясила высокого широко используются в лечебной практике и фармацевтической промышленности, а терапевтический эффект обусловлен комплексом водорастворимых соединений, среди которых особое место занимают водорастворимые полисахариды и инулин [13].

Сроки заготовки корневищ и корней ЛРС, установленные регламентом Государственной фармакопеи XIV издания, приходятся на осенний период, без конкретных уточнений [14].

Метод, который основан на применении механических колебаний широкого ультразвукового диапазона, является перспективным физическим методом воздействия на вещества с целью активизации различных биохимических процессов. Так, установлено, что из растительного материала ультразвуковыми колебаниями с частотой 19-44 кГц легко извлекаются фенольные гликозиды, флавоноиды, дубильные вещества, антоцианы и кумарины. При этом не только существенно ускоряется

процесс извлечения полезных веществ из растительных клеток, но и, относительно других методов экстракции, заметно возрастает выход основного действующего вещества [15, 16]. В качестве экстрагента мы использовали очищенную воду для ускорения процесса извлечения ВРП, а остальные параметры процесса были установлены экспериментально.

Оптимальные условия извлечения суммы ВРП с использованием ультразвуковой установки «Волна» из корней девясила высокого были определены изначально. Изменяли температурный режим процесса экстракции, измельченность сырья, соотношение экстрагента и сырья, длительность и кратность экстрагирования, а также частоту ультразвука. Повторность при определении была трёхкратной. Экспериментальные результаты приведены в таблицах 2-4 и на рисунках 1-3.

В процессе количественного исследования ВРП корней *Inula helenium* L., произрастающего в Адыгее, при трёхкратном последовательном экстрагировании по 15 минут с частотой ультразвука 35 кГц и соотношением сырья и экстрагента 1 г на 15 мл, а также при изменении степени измельчения сырьевого материала и подборе температурных параметров ультразвуковой установки выявлено, что оптимальная температура извлечения водорастворимых биополимеров соответствует 80⁰С, а степень измельчения сырья должна быть от 0,5 до 1,0 мм.

Таблица 2. Количественная оценка ВРП (% в пересчёте на абс. сухое вещество) в корнях девясила высокого при изменении температуры ультразвуковой установки и измельченности сырья

Table 2. Quantitative assessment of the GRP (% in terms of absolute dry matter) in Elecampane roots with changes in the ultrasonic unit temperature and the grinding of the raw material

Температура, °С	Измельченность сырья, мм				
	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0
50	15,31	15,38	15,19	12,08	11,87
60	18,35	19,06	18,42	14,22	12,34
70	22,43	23,14	24,95	20,39	18,29
80	26,15	27,83	31,58	28,41	25,99

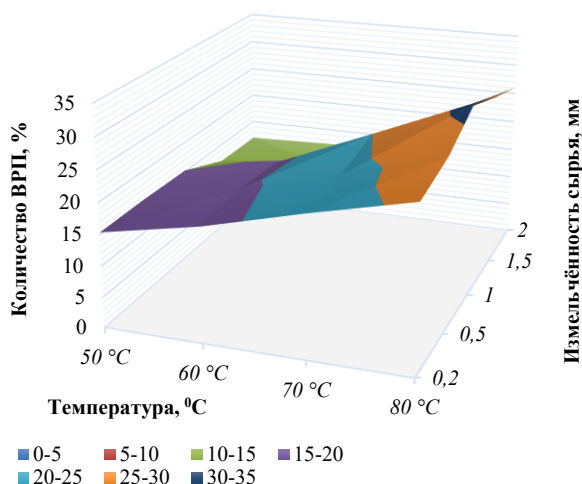


Рис. 1. Корреляционная взаимосвязь выхода ВРП (% в пересчёте на абс. сухое вещество) в подземных органах девясила высокого при вариации температуры ультразвуковой установки и измельчённости сырья
Fig. 1. Correlation relationship of the GRP yield (% in terms of absolute dry matter) in the Elecampane underground organs with variations in the ultrasonic unit temperature and grinding of the raw material

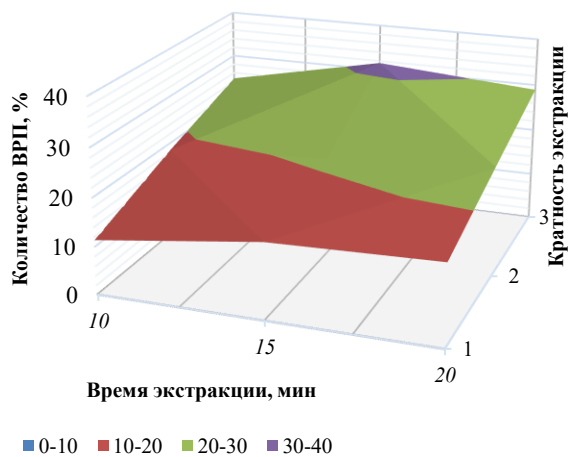


Рис. 2. Корреляционная взаимосвязь выхода ВРП (% в пересчёте на абс. сухое вещество) в подземных органах девясила высокого при вариации длительности и кратности экстрагирования
Fig. 2. Correlation relationship of the yield of GRP (% in terms of absolute dry matter) in the Elecampane underground organs with variations in the duration and frequency of extraction

Таблица 3. Количественная оценка ВРП (% в пересчёте на абс. сухое вещество) в корнях девясила высокого при изменении длительности и кратности экстрагирования
Table 3. Quantitative assessment of the GRP (% in terms of absolute dry matter) in the Elecampane roots with changes in the duration and frequency of extraction

Длительность экстракции, мин	Кратность экстракции		
	однократная	двукратная	трёхкратная
10	11,35	18,48	24,67
15	15,79	20,81	31,56
20	16,81	22,98	28,95

Таблица 4. Количественная оценка ВРП (% в пересчёте на абс. сухое вещество) в корнях девясила высокого при изменении частоты ультразвука и соотношения сырья к экстрагенту
Table 4. Quantitative assessment of the GRP (% in terms of absolute dry matter) in the Elecampane roots with changes in the ultrasound frequency and the ratio of raw materials to extractant

Соотношение сырья и экстрагента (г : мл)	Частота ультразвука, кГц		
	15	25	35
1 : 10	14,69	21,87	23,51
1 : 15	15,87	26,38	31,58
1 : 20	16,91	24,31	27,97

В процессе количественного изучения ВРП корней девясила высокого при температуре ультразвуковой установки 80⁰С с частотой ультразвука 35 кГц и изменении длительности, кратности экстрагирования, степени измельчения растительного мате-

риала от 0,5 до 1,0 мм, соотношении сырья и растворителя 1 г на 15 мл установлено, что при 15-минутной длительности процесса и трёхкратном извлечении возможно достигнуть оптимального выхода изучаемых БАС.

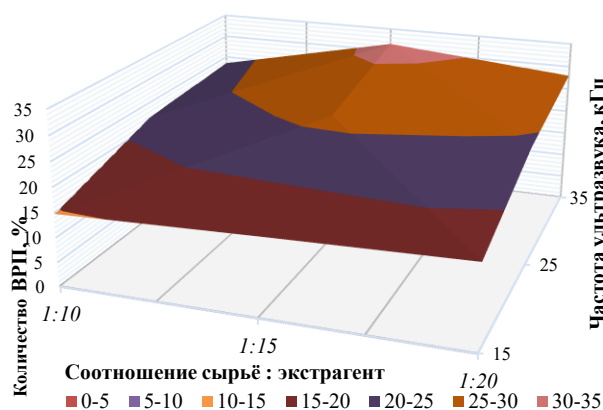


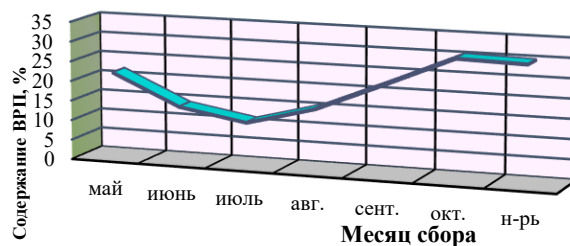
Рис. 3. Корреляционная взаимосвязь выхода ВРП (% в пересчёте на абс. сухое вещество) в подземных органах девясила высокого при вариации соотношения частоты ультразвука и соотношения сырья к экстрагенту

Fig. 3. Correlation relationship of the yield of GRP (% in terms of absolute dry matter) in the Elecampane underground organs with variations in the ratio of ultrasound frequency and the ratio of raw materials to extractant

В результате исследовательской работы были подобраны оптимальные условия процесса экстракции полигликозидного комплекса подземных органов *Inula helenium* L.: частота ультразвуковых колебаний – 35 кГц, степень измельчения растительного материала – от 0,5 до 1,0 мм, кратность извлечения – 3 раза, температура процесса – 80⁰С, длительность каждой экстракции – 15 минут, соотношение сырьё : экстрагент – 1 г на 15 мл.

В литературных данных обнаружены сведения о том, что на протяжении вегетационного периода значительным колебаниям подвержено процентное содержание водорастворимых биополимеров [17]. По этой причине нами были выявлены колебания выхода ВРП в течение всего периода вегетации растения.

Полученные данные, позволяющие определить наиболее благоприятное время для заготовки корней и корневищ девясила высокого с целью получения максимального количества ВРП в корнях и корневищах девясила высокого, показаны на рисунке 4.



	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	н-рб
Содержание ВРП, %	21,76	14,07	11,16	15,67	22,83	30,28	29,85

Рис. 4. Сезонные изменения накопления суммы ВРП (% в пересчёте на абс. сухое сырьё) в корневищах и корнях девясила высокого

Fig. 4. Seasonal changes in the accumulation of the GRP amount (% in terms of absolute dry raw materials) in the rhizomes and roots of Elecampane

Результаты указывают на то, что в корнях и корневищах *Inula helenium* L. максимальное накопление суммы полимеров моносахаридов (30,28 ± 0,11%) происходит к началу октября, к этому времени количество изучаемых групп БАС превосходит примерно в 1,5 раза их концентрацию в период отрастания (21,76 ± 0,29%). До периода бутонизации и начала цветения растения (к середине июня) содержание суммы ВРП в подземных органах заметно снижается (14,08 ± 0,42%). В фазу активного цветения и начала плодоношения девясила к середине июля отмечены предельно низкие показатели в корнях девясила суммы водорастворимых высокомолекулярных углеводов (11,16 ± 0,09%), что в этот период можно объяснить повышенным расходом запасных питательных веществ в результате активных энергетических процессов, протекающих в растительном организме.

К началу августа в корнях и корневищах растения запас ВРП начинает медленно повышаться (15,67 ± 0,41%), к сентябрю их значение достигает майского уровня (22,83 ± 0,18%) и продолжается увеличение их концентрации до середины октября. Ноябрьский показатель содержания

ВРП, когда надземная зелёная часть растения практически полностью высохла, составил $29,85 \pm 0,21\%$, что на $0,41\%$ ниже октябрьского значения. Полученный вариационный ряд показывает, что разница между показателями укладывается в ошибку эксперимента, наблюдаемое снижение не является статистически значимым, а результаты находятся в пределах погрешности измерений. Следует отметить, что метаболические процессы в ноябре характеризуются не только отсутствием фотосинтеза и минимальной активностью растения, но и незначительным расходом запасных веществ и подготовкой к зимнему периоду покоя. В этой связи снижение содержания ВРП обусловлено поддержанием базового метаболизма, естественным расходом питательных веществ и транспортом веществ внутри растения.

Таким образом, наблюдаемое снижение водорастворимых полимерных углеводов с мая по июль и в ноябре можно считать физиологически обусловленным процессом, не влияющим существенно на качество лекарственного сырья. Это подтверждает возможность проведения заготовки сырья как в октябре, так и в ноябре.

Заключение. В процессе количественного анализа водорастворимых высокомолекулярных сложных углеводов корней девясила высокого при измельчённости сырья от $0,5$ до $1,0$ мм, при изменении частоты ультразвуковых волн и соотношения сырья к экстрагенту, при трёхкратной водной экстракции по 15 минут каждая и температуре ультразвуковой установки 80°C показали, что оптимального выхода можно достигнуть при соотношении сырья к растворителю – 1 г на 15 мл и ультразвуковой частоте 35 кГц. Несомненно, последующее повышение продолжительности процесса экстрагирования с использованием ультразвуковой

установки способствует разрушению водорастворимого полисахаридного комплекса. Ранее отмечено, что приводит к деструкции БАС и использование ультразвуковых волн с частотой более 40 кГц, поэтому подобные частоты в технологическом производстве фитопрепаратов не используются [15].

Доказано, что максимальные показатели накопления ВРП зафиксированы в октябре ($30,28 \pm 0,11\%$), а наименьшими являются майские значения ($21,76 \pm 0,29\%$). Сравнительный анализ сезонной динамики демонстрирует превышение октябрьского показателя над майским на 48% , а превышение октябрьского показателя над сентябрьским на 32% . Мы предполагаем, что значительное накопление ВРП приводит к повышению осмотического давления клеточного сока, результатом чего является повышение устойчивости растения к воздействию холода. Сезонная зависимость накопления ВРП показывает существенное влияние периода вегетации растения на качество сырья, октябрь является наиболее благоприятным и научно обоснованным периодом заготовки сырья, а для биологических испытаний при планировании сбора необходимо учитывать сезонность.

Таким образом, можно заключить, что содержание играющих важную роль в жизнедеятельности растения защитных полисахаридов корневищ и корней девясила высокого (*Inula helenium* L.), является динамическим показателем, который зависит от множества факторов, связанных с физиологическим состоянием растения и условиями его произрастания. Данный вид на территории Адыгеи рекомендовано заготавливать в начале семяобразования, т.е. с конца сентября. Полученные результаты необходимо учитывать при дальнейшем практическом использовании данного вида в медицинской практике, фармацевтике и других областях.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стальная М.И., Сичко Н.О. Изучение биологически активных веществ растений Северо-Западного Кавказа, оказывающих седативное действие // Новые технологии. 2024. Т. 20, № 2. С. 157-169.
2. Стальная М.И. Производство пектина из вторичного сырья, полученного при переработке сельхозпродукции // Овощеводство и бахчеводство открытого грунта. Проблемы и перспективы развития: сборник научных статей / сост. Щербакова Н.А. Солонное Займище: ПНИИАЗ, 2016. С. 164-168.
3. Стальная М.И., Сичко Н.О. Изучение биологически активных веществ растений Северо-Западного Кавказа, оказывающих седативное действие // Новые технологии. 2024. Т. 20, № 2. С. 157-169.
4. *Inula helenium* L. – Девясил высокий / Губанов И. А. [и др.] // Иллюстрированный определитель растений Средней России: в 3-х т. Т. 3. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М.: КМК, 2004. 444 с.
5. Универсальная энциклопедия лекарственных растений / сост. И.Н. Путырский, В.Н. Прохоров. М.: Махаон, 2000. С. 115-116.
6. Шретер А.И. Лекарственная флора Советского Дальнего Востока. М.: Медицина, 1975. 328 с.
7. Бутко А.Ю. Фармакотерапевтические аспекты применения растительного сырья девясила высокого и девясила британского в официальной и народной медицине // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2013. № 11 (154). С. 272-277.
8. Настои и отвары [Электронный ресурс] // Государственная фармакопея Российской Федерации XIII издания. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gosudarstvennayaafarmakopeya/2/obshchaya_farmakopeynaya_statya_nastoi_i_otvary_ofs_1_4_1.html (дата обращения: 11.12.2025).
9. Определение коэффициента водопоглощения и расходного коэффициента лекарственного растительного сырья [Электронный ресурс] // Государственная фармакопея Российской Федерации XV издания. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gosudarstvennayaafarmakopeya/1/ofs_1_5_3_0-012_obshchaya_farmakopeynaya_statya_opredelenie.html (дата обращения: 10.12.2025).
10. Бубенчикова В.Н., Азарова А.В. Изучение полисахаридного комплекса травы *Inula saïicina* L. // Кластерные подходы фармацевтического союза: материалы научно-практической конференции. Белгород, 2012. С. 197-198.
11. Яницкая А.В., Митрофанова И.Ю. Девясил высокий – перспективный источник новых лекарственных средств // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2012. № 3(43). С. 24-27.
12. Захаренко В.Г. Девясил высокий – лекарственное и декоративное растение // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2006. № 93. С. 17-20.
13. Konishi T., Shimada Y. Antiproliferative sesquiterpene lactones from the roots of *Inula helenium* // Biol. Pharm. Bull. 2010. Vol. 25, № 10. P. 1370-1371.
14. Государственная фармакопея Российской Федерации. Издание XIV. Т. 4. М.: ФЭМБ, 2018. С. 6012-6019.
15. Молчанов Г.И., Молчанов А.А., Кубалова Л.М. Фармацевтические технологии: современные электрофизические биотехнологии в фармации. М.: Альфа-М, 2011. 307 с.
16. Development and validation of an express technique for isolation and quantitative determination of water-soluble polysaccharides from roots of *Taraxacum officinale* Wigg / Dyakova N.A. [et al.] // Pharmaceutical Chemistry Journal, 2018. Vol. 52, No. 4. P. 343-346.
17. Коновалова Д.А., Хубиев Ш.И. Биологически активные вещества рода *Inula* L. // Растительные ресурсы. 1997. Т. 33, вып. 3. С. 87-108.

REFERENCES

1. Stalnaya M.I., Sichko N.O. Study of biologically active substances of plants of the Northwest Caucasus that have a sedative effect // New technologies. 2024. Vol. 20, No. 2. P. 157-169. [In Russ.]

2. Stalnaya, M.I. Production of pectin from secondary raw materials obtained during the processing of agricultural products // Open-field vegetable and melon growing. Problems and development prospects: a collection of scientific articles / compiled by Shcherbakova N.A. Solenoye Zaimishche: PNI-IAZ, 2016. P. 164-168. [In Russ.]
3. Stalnaya, M.I., Sichko, N.O. Study of biologically active substances of plants of the Northwest Caucasus that have a sedative effect // New technologies. 2024. Vol. 20, No. 2. P. 157-169. [In Russ.]
4. *Inula helenium* L. – Elecampane / Gubanov I. A. [et al.] // Illustrated guide to plants of Central Russia: in 3 volumes. Vol. 3. Angiosperms (dicotyledons: dipetalous). Moscow: KMK, 2004. 444 p. [In Russ.]
5. Universal encyclopedia of medicinal plants / compiled by I.N. Putyrsky, V.N. Prokhorov. Moscow: Makhaon, 2000. P. 115-116. [In Russ.]
6. Shreter A.I. Medicinal flora of the Soviet Far East. Moscow: Medicina, 1975. 328 p. [In Russ.]
7. Butko A.Yu. Pharmacotherapeutic aspects of the use of herbal raw materials of elecampane high and elecampane British in official and folk medicine // Scientific bulletin of Belgorod State University. Series: Medicine. Pharmacy. 2013. No. 11 (154). P. 272-277. [In Russ.]
8. Infusions and decoctions [Electronic resource] // State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XIII edition. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gosudarstvennayafarmakopeya/2/obshchaya_farmakopeynaya_statya_nastoi_i_otvary_ofs_1_4_1.html (date of access: 11.12.2025). [In Russ.]
9. Determination of the water absorption coefficient and consumption coefficient of medicinal plant materials [Electronic resource] // State Pharmacopoeia of the Russian Federation, XV edition. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gosudarstvennayafarmakopeya/1/ofs_1_5_3_0-012_obshchaya_farmakopeynaya_statya_opredelenie.html (date of access: 10.12.2025). [In Russ.]
10. Bubenchikova V.N., Azarova A.V. Study of the polysaccharide complex of the herb *Inula saicina* L. // Cluster approaches of the pharmaceutical union: materials of the scientific and practical conference. Belgorod, 2012. P. 197-198. [In Russ.]
11. Yanitskaya A.V., Mitrofanova I.Yu. Elecampane – a promising source of new drugs // Bulletin of the Volgograd State Medical University. 2012. No. 3 (43). P. 24-27. [In Russ.]
12. Zakharchenko, V.G. Elecampane is a medicinal and ornamental plant // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2006. No. 93. P. 17-20. [In Russ.]
13. Konishi, T., Shimada, Y. Antiproliferative sesquiterpene lactones from the roots of *Inula helenium* // Biol. Pharm. Bull. 2010. Vol. 25, No. 10. P. 1370-1371. [In Russ.]
14. State Pharmacopoeia of the Russian Federation. Edition XIV. Vol. 4. Moscow: FEMB, 2018. P. 6012-6019. [In Russ.]
15. Molchanov G.I., Molchanov A.A., Kubalova L.M. Pharmaceutical technologies: modern electro-physical biotechnology in pharmacy. M.: Alfa-M, 2011. 307 p. [In Russ.]
16. Development and validation of an express technique for isolation and quantitative determination of water-soluble polysaccharides from the roots of *Taraxacum officinale* Wigg / Dyakova N.A. [et al.] // Pharmaceutical Chemistry Journal, 2018. Vol. 52, No. 4. P. 343-346. [In Russ.]
17. Konovalova, D.A., Khubiev, Sh.I. Biologically active substances of the genus *Inula* L. // Plant Resources. 1997. Vol. 33, iss. 3. P. 87-108. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Стальная Марина Ильинична, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры химии и физико-химических методов исследования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000 Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0403-1408>, e-mail: marina.stalnaja@yandex.ru

Сичко Наталья Олеговна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры химии и физико-химических методов исследования, Федеральное государственное бюд-

жетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000 Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5822-1293>, e-mail: sichko1971@mail.ru

Marina I. Stalnaya, PhD (Agr.), Associate Professor, the Department of Chemistry and Physicochemical Research Methods, Maykop State Technological University; 385000 the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: [ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0403-1408](https://orcid.org/0000-0002-0403-1408), e-mail: marina.stalnaja@yandex.ru

Natalia O. Sichko, PhD (Pedagogics), Associate Professor, the Department of Chemistry and Physicochemical Research Methods, Maykop State Technological University; 385000 the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5822-1293>, e-mail: sichko1971@mail.ru

Заявленный вклад соавторов

Стальная Марина Ильинична – планирование, подбор методик и выполнение исследований, статистическая обработка результатов испытаний.

Сичко Наталья Олеговна – подбор литературных источников, сбор и подготовка к анализу сырья, проведение экспериментов, оформление статьи по требованиям журнала.

Claimed contribution of the authors

Marina I. Stalnaya – planning, selecting methods, and conducting the research, statistically processing the test results.

Natalya Olegovna Sichko – selecting literary sources, collecting and preparing raw materials for analysis, conducting experiments, and preparing the article in accordance with the requirements of the Journal.

Поступила в редакцию 28.11.2025

Поступила после рецензирования 13.01.2026

Принята к публикации 16.01.2026

Received 28.11.2025

Revised 13.01.2026

Accepted 16.01.2026

Соответствие рубрик журнала Номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени:

**ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ И БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)

4.3.5. – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ
(технические науки)

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

4.1.2. – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.4. – Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры
(сельскохозяйственные науки)

Научное издание

Рецензируемый научный журнал «Новые технологии/New Technologies»

Том 22. №1. 2026

Издательство МГТУ

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

Бумага Чайка Бумага А. Печать цифровая.

Гарнитура Times. Усл. п.л. 19,5. Формат 60x84/8. Тираж 500 экз. Заказ 22/1.

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@yandex.ru