



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

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / NEW TECHNOLOGIES

TOM 22 № 2 2026
VOL 22 No. 2 2026

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, № 2, 2026

MAYKOP STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

NEW TECHNOLOGIES / NOVYE TEHNOLOGII

Vol. 22, No.2, 2026

История издания журнала:	Журнал издается с 2005 года
Наименование:	Новые технологии/New Technologies Том 22 № 2 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:	30.06.2026
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.2, 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, Maikop, 403 Pionerskaya str., office 33 e-mail: slv01@yandex.ru
Publication date:	30.06.2026
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 Якович 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)

Маркарт 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, доцент (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

Анзаур Адамович Схалыхов, доктор технических наук, доцент (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, профессор (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. Zaremuk, 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 Centre 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 Centre 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 Centre, 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 Centre of Horticulture, Viticulture, Wine-making", the Russian Federation)

Zuret N. Khatko, Dr. Sci. (Eng.), Prof. (MSTU, 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 (Технические науки)

Бугаец Н.А., Чимкинова Е.С., Суслова Е.А. Зернобобовое сырьё в технологии безглютеновых продуктов	10
Васюкова А.Т., Кусова И.У., Дышекова М.М., Богонослова И.А. Влияние упаковки, выполненной на основе съедобных пищевых пленок, на качество полуфабрикатов	26
Новокшанова А.Л., Бирюлина Н.А., Абрамов Д.В., Сидорова Ю.С. Ферментативные гидролизаты белка молочной сыворотки: перспективы использования в энтеральном питании для больных с нарушениями функций желудочно-кишечного тракта	39
Сидорова Ю.С., Петров Н.А., Бирюлина Н.А., Зорин С.Н., Соколова Е.Н., Мазо В.К. Сравнительная характеристика ферментативных гидролизатов белков коровьего молока для использования в энтеральном питании	51
Хатко З.Н., Беретарь С.Т., Мамухова Д.С., Едыгова С.Н. Разработка и оценка качества безглютенового песочного печенья из новых мучных композитов	65

Сельскохозяйственные науки

Быкова О.А., Тропина Н.С., Тхаганов Р.Р. Росторегулирующие комплексы в технологии возделывания змееголовника молдавского	79
Квашин А.А., Нецадим Н.Н., Мамсиров Н.И., Коваль А.В., Сазоненко М.М. Сравнительная оценка ростовых процессов и урожайности сортов пшеницы озимой в зависимости от элементов технологии	92
Кулян Р.В., Омарова З.М. Формирование сортамента унаби (<i>Ziziphus jujuba</i> Mill.) во влажных субтропиках России	106
Петелин И.С., Чуварлеева Г.В., Мнатсаканян А.А., Тутучкина А.С. Серкин Н.В. Влияние нормы высева и уровня азотного питания на продуктивность озимого ячменя	117

4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Ашинов Ю.Н. Плодородие лугово-черноземных почв в условиях рисосеяния левобережья Кубани	128
--	-----

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances (Food Engineering)

Bugayets N.A., Chimkinova E.S., Suslova E.A. Grain legume raw materials in gluten-free product technology	10
Vasyukova A.T., Kusova I.U., Dyshekova M.M., Bogonosov I.A. The influence of packaging made from edible food films on the quality of semi-finished products	26
Sidorova Yu.S., Biryulina N.A., Abramov D.V., Novokshanova A.L. Enzymatic hydrolysates of whey protein: prospects for the use in enteral nutrition for patients with gastrointestinal disorders.....	39
Sidorova Yu.S., Petrov N.A., Biryulina N.A., Zorin S.N., Sokolova E.N., Mazo V.K. Comparative characteristics of enzymatic hydrolysates of cow milk proteins for use in enteral nutrition	51
Khatko Z.N., Beretar S.T., Mamukhova D.S., Edygova S.N. Development and quality evaluation of gluten-free shortbread cookies made from new flour composites.....	65

Agricultural sciences

Bykova O.A., Tropina N.S., Thaganov R.R. Growth-regulating complexes in the <i>Dracocephalum Moldavicum</i> L. Cultivation.....	79
Kvashin, A.A., Neshchadim, N.N., Mamsirov, N.I., Koval, A.V., Sazonenko, M.M. Comparative assessment of growth processes and yield of winter wheat varieties depending on technological elements	92
Kulyan R.V., Omarova Z.M. Formation of jujube assortment in the humid subtropics of Russia	106
Petelin I.S., Chuvarleeva G.V., Mnatsakanyan A.A., Tutuchkina A.S., Serkin N.V. The effect of seeding rate and nitrogen nutrition level on winter barley productivity	117

4.1.3. Agrochemistry, Agrosoil Science, Plant Protection and Quarantine

Sheudzhen A.Kh., Gutorova O.A., Ashinov Yu.N. Fertility of meadow-chernozem soils under rice cultivation conditions on the left bank of the Kuban	128
--	-----

**Пищевые системы и биотехнология продуктов питания
и биологически активных веществ
(Технические науки)**

**Food systems and biotechnology of food
and bioactive substances
(Food Engineering)**

Обзорная статья / Review article

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-10-25>
УДК 664.681:633.31/37



Зернобобовое сырьё в технологии безглютеновых продуктов

Н.А. Бугаец✉, Е.С. Чимкинова, Е.А. Суслова

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный технологический университет»;
г. Краснодар, Российская Федерация,
✉kubanochka23@yandex.ru*

Аннотация. Введение. Безглютеновые продукты, производимые преимущественно на основе рисовой, кукурузной муки и крахмала, характеризуются пониженным содержанием белка, пищевых волокон, минеральных веществ и биологически активных соединений, а также недостаточно выраженными структурно-механическими свойствами. В связи с этим актуальным является использование зернобобового сырья, способного одновременно повышать пищевую ценность и улучшать функционально-технологические свойства специализированной продукции. **Цель исследования.** Провести сравнительный анализ гороха, нута и чечевицы как сырья для технологии безглютеновых продуктов, обобщить данные об их пищевой ценности и способах снижения антипитательных факторов. **Методы.** Объектами исследования являлись литературные данные о горохе, нуте и чечевице, а также о продуктах их переработки: муке, белковых продуктах, водных экстрактах, аквафабе, пророщенном зерне и экструдированных полуфабрикатах. Методическую основу работы составили анализ, сравнение, систематизация и обобщение отечественных и зарубежных научных публикаций за 2020-2025 гг. **Результаты.** Установлено, что горох, нут и чечевица содержат 23,1-28,4% белка и 3,6-7,0% пищевых волокон и могут использоваться для направленного нутритивного обогащения безглютеновых пищевых систем. Показано, что горох наиболее перспективен для белкового и функционального обогащения мучных изделий, нут – для хлебобулочных, макаронных, эмульсионных и вспененных продуктов, чечевица – для быстрорастворимых, экструдированных и хлебопекарных продуктов. Установлено, что эффективное использование зернобобового сырья требует учёта антипитательных факторов и применения предварительной обработки: замачивания, проращивания, ферментации, ферментативного воздействия, ультразвуковой обработки или экструзии. **Заключение.** Практическая значимость работы заключается в систематизации данных, необходимых для выбора вида зернобобового сырья, формы ингредиента, соотношения компонентов в рецептуре и способа обработки при разработке безглютеновых продуктов.

Ключевые слова: безглютеновые продукты, зернобобовое сырьё, горох, нут, чечевица, аквафаба, антипитательные факторы

Для цитирования: Бугаец Н.А., Чимкинова Е.С., Суслова Е.А. Зернобобовое сырьё в технологии безглютеновых продуктов. *Новые технологии / New technologies.* 2026; 22 (2):10-25. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-10-25>

Grain legume raw materials in gluten-free product technology

N.A. Bugayets✉, E.S. Chimkinova, E.A. Suslova

Kuban State Technological University;
Krasnodar, the Russian Federation,
✉kubanochka23@yandex.ru

Abstract. Introduction. Gluten-free products made mainly from rice flour, corn flour and starches are often characterized by reduced contents of protein, dietary fiber, minerals and bioactive compounds, as well as insufficient structural and mechanical properties. Therefore, the use of legume raw materials capable of increasing nutritional value and improving the functional and technological characteristics of specialized products is of current interest. **The goal of the research** was to conduct a comparative analysis of pea, chickpea and lentil as raw materials for gluten-free product technology and to summarize data on their nutritional value, functional and technological properties, formulation potential and methods for reducing antinutritional factors. **The methods.** The objects of the research were literature data on pea, chickpea and lentil, as well as their processed products: flour, protein ingredients, aqueous extracts, aquafaba, sprouted grain and extruded semi-finished products. The methodological basis of the research included analysis, comparison, systematization and generalization of Russian and foreign scientific publications for 2020-2025. **The results.** It has been found that pea, chickpea and lentil contain 23.1-28.4% protein and 3.6-7.0% dietary fiber and can be used for targeted nutritional enrichment of gluten-free food systems. Pea is the most promising for protein and functional enrichment of flour systems; chickpea is promising for bakery, pasta, emulsion and foamed products; lentil is suitable for fast-cooking, extruded and certain bakery systems. It has been shown that the effective use of legume raw materials requires consideration of antinutritional factors and the application of pretreatment methods, including soaking, germination, fermentation, enzymatic treatment, ultrasound treatment or extrusion. **Discussion.** The practical significance of the research lies in the systematization of data necessary for selecting the type of legume raw material, ingredient form, formulation dosage and processing method in the development of gluten-free products.

Keywords: gluten-free products, legumes, peas, chickpeas, lentils, aquafaba, antinutritional factors

For citation: Bugayets N.A., Chimkinova E.S., Suslova E.A. Grain legume raw materials in gluten-free product technology. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2):10-25. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-10-25>

Введение. Безглютеновые продукты остаются востребованной категорией специализированного питания. Развитие этого сегмента связано не только с необходимостью формирования безопасного рациона для больных целиакией и лиц с иными формами непереносимости глютена, но и с расширением потребительского интереса к альтернативным пищевым системам. Однако рост ассортимента безглютеновой продукции не сопровождается повышением пищевой ценности. Большинство традиционных безглютеновых изделий производят на основе рисовой, кукурузной муки и крахмалов, которые характеризуются сравнительно низким содержанием белка, пищевых волокон, минеральных веществ и биологически активных соединений. Современные исследования

подтверждают, что многие «gluten-free» продукты уступают традиционным аналогам по пищевой плотности, по содержанию белка и пищевых волокон, что требует поиска сырья для направленного обогащения [1-3].

Дополнительная технологическая проблема – это отсутствие клейковинного каркаса. Именно глютен в традиционных мучных системах обеспечивает вязкоупругие свойства теста, газоудерживающую способность, объём, пористость и эластичность мякиша. При его исключении ухудшается структура тестовых систем, возрастает риск получения изделий с пониженным объёмом, плотным мякишем, крошливостью и ускоренным черствением. В связи с этим разработка безглютеновых продуктов требует не только замены пшеничной муки, но и целена-

правленного подбора ингредиентов, способных одновременно повышать пищевую ценность и улучшать структурно-механические характеристики готовой продукции [3-6].

Одно из перспективных направлений – использование зернобобового сырья. Горох, нут и чечевица содержат значительные количества растительного белка, пищевых волокон, витаминов группы В, минеральных веществ и ряда биоактивных соединений. Включение бобовых компонентов в безглютеновые рецептуры рассматривается как способ повышения содержания белка, улучшения аминокислотного профиля и формирования сбалансированной пищевой матрицы [7-9]. В отличие от крахмалопродуктов, зернобобовые культуры могут выполнять не только пищевую, но и функционально-технологическую роль, что важно для специализированных пищевых систем.

Практический интерес к зернобобовым обусловлен их способностью влиять на свойства рецептурных смесей. Мука, белковые продукты, водные экстракты и аквафаба, полученные из гороха, нута и чечевицы, проявляют водосвязывающую, жиросвязывающую, эмульгирующую и пенообразующую способность. Эти свойства значимы при разработке хлебобулочных, макаронных, эмульсионных, вспененных и десертных продуктов [10-14]. Следовательно, зернобобовое сырьё в технологии безглютеновых продуктов следует рассматривать не как добавку к рисовой или кукурузной муке, а как группу ингредиентов, участвующих в формировании структуры, текстуры и потребительских свойств готового изделия.

Среди зернобобовых культур интерес представляют горох, нут и чечевица. Горох отличается высоким содержанием белка, антиоксидантной активностью и потенциалом биотехнологической модификации. Предварительная ферментация гороховой муки позволяет изменять её функционально-технологические свойства, повышать перевариваемость белка и расширять применения в мучных изделиях [15-16]. Нут характеризуется благоприятным сочетанием белка, липидов, минеральных веществ и структурообразующих свойств. Его используют в технологиях

безглютенового хлеба, макаронных изделий, эмульсионных и вспененных продуктов [6, 17-18]. Чечевица рассматривается как сырьё для быстрораствариваемых, экструдированных и вспененных продуктов, а также как компонент безглютеновых хлебобулочных изделий. Современные данные показывают, что чечевичная мука и пророщенные семена чечевицы могут повышать пищевую ценность и функциональность «gluten-free» хлеба, однако требуют учёта влияния на текстуру, ароматический профиль и сенсорную приемлемость продукта [19-22].

Отдельного внимания заслуживают водные экстракты зернобобовых и аквафаба. Аквафаба – водная фаза, образующаяся при варке или консервировании бобовых; содержит растворимые белки, углеводы, сапонины и другие компоненты, способные обеспечивать пенообразование, эмульгирование, структурообразование и стабилизацию пищевых систем. Эти свойства позволяют рассматривать аквафабу как альтернативу яичному белку в кондитерских, десертных, эмульсионных и безглютеновых продуктах [12-13, 23-24]. Для безглютеновых технологий это важно, поскольку аквафаба может одновременно выполнять структурообразующую и рецептурно-корректирующую функцию.

Наряду с выраженными преимуществами применение зернобобового сырья сопряжено с рядом ограничений: специфический бобовый вкус и аромат, возможное изменение цвета и плотности готовых изделий, а также наличие антипитательных факторов – фитатов, танинов, ингибиторов протеаз, лектинов и олигосахаридов раффинозного ряда. Эти соединения могут ограничивать биодоступность белка и минеральных веществ, ухудшать перевариваемость и снижать потребительскую приемлемость продуктов с высокой долей бобового сырья [9, 19, 22, 25]. Следовательно, использование гороха, нута и чечевицы в безглютеновых продуктах требует не только подбора дозировок, но и применения способов предварительной обработки.

Современные исследования показывают, что замачивание, проращивание, ферментация, ферментативная, ультразвуковая, гидро-

термическая и экструзионная обработка снижают содержание антипитательных веществ и одновременно изменяют функционально-технологические свойства зернобобовых ингредиентов. Для гороховой муки ферментация повышает перевариваемость белка и функциональные свойства; для нуттовых экстрактов – физико-ферментативная обработка, усиливающая пенообразующие свойства; для чечевицы – проращивание, экструзия и получение аквафабы, способствующие снижению содержания дубильных веществ и расширению технологических возможностей сырья [16, 19, 22, 25-26].

Несмотря на объём публикаций, современные данные о применении зернобобового сырья в безглютеновых продуктах остаются фрагментарными. В литературе подробно рассмотрены отдельные культуры или отдельные технологические направления: безглютеновый хлеб с нуттовой мукой, макаронные изделия с бобовыми компонентами, аквафаба в кондитерских системах, ферментация гороховой муки, снижение антипитательных факторов в чечевице [6, 12, 16, 18, 19, 21]. Однако количественные сведения о пищевой ценности, рецептурных дозировках, функционально-технологических свойствах, режимах обработки и степени снижения антипитательных факторов для гороха, нута и чечевицы редко сопоставляются в единой логике применительно к технологии безглютеновых продуктов.

Цель исследования – провести сравнительный анализ гороха, нута и чечевицы как зернобобового сырья для технологии безглютеновых продуктов, обобщить данные об их пищевой ценности, функционально-технологических свойствах, рецептурных возможностях и способах снижения антипитательных факторов.

Объекты и методы исследований. *Объекты исследования* – литературные данные о горохе, нуте и чечевице как зернобобовом сырье для безглютеновых продуктов, а также о продуктах их переработки: муке, белковых ингредиентах, водных экстрактах, аквафабе, пророщенном зерне и экструдированных полуфабрикатах.

Предмет исследования включал пищевую ценность указанных культур, их функционально-технологические свойства, особенно-

сти применения в составе безглютеновых пищевых систем, а также способы снижения антипитательных факторов, влияющих на биодоступность нутриентов, органолептические характеристики и технологическую пригодность сырья.

Информационная база – 30 публикаций российских и зарубежных авторов (2020–2025 гг.), посвящённых использованию зернобобовых культур и продуктов их переработки в технологии безглютеновых, специализированных и функциональных пищевых продуктов. В анализ включали работы, содержащие сведения о химическом составе гороха, нута и чечевицы, содержании белка и пищевых волокон, функционально-технологических свойствах зернобобовых ингредиентов, рецептурных дозировках, режимах предварительной обработки, показателях качества готовых продуктов и степени снижения антипитательных факторов [1-30].

Методическая основа – методы анализа, сравнения, систематизации, обобщения и научной интерпретации литературных данных. Анализ источников проводили по унифицированным критериям: содержание белка и пищевых волокон; наличие биоактивных и антипитательных веществ; водосвязывающие, жиросвязывающие, эмульгирующие, пенообразующие и структурообразующие свойства; форма введения ингредиента в рецептуру; технологически значимые дозировки; режимы предварительной обработки; влияние зернобобового сырья на качество безглютеновых продуктов.

При интерпретации данных учитывали, что показатели химического состава и функционально-технологических свойств зернобобового сырья могут варьировать в зависимости от сорта, условий выращивания, степени дисперсности муки, способа переработки, режима гидротермической, ферментативной или биотехнологической обработки, а также состава конкретной рецептурной системы. Поэтому при обобщении результатов основное внимание уделяли устойчиво повторяющимся закономерностям и количественным параметрам, имеющим прикладное значение для разработки безглютеновых продуктов.

Результаты. Сравнительный анализ литературных данных показал, что горох, нут и чечевица обладают потенциалом для использования в технологии безглютеновых продуктов. В отличие от традиционных безглютеновых ингредиентов на основе рисовой, кукурузной муки и крахмалов, зернобобовые культуры характеризуются высоким содержанием растительного белка, пищевых волокон, минеральных веществ и биоактивных соединений. Это важно, поскольку многие «gluten-free» продукты уступают традиционным аналогам по пищевой плотности, прежде по содержанию белка и пищевых волокон [1-3].

Включение зернобобовых культур в рецептуры безглютеновых продуктов рассматривается как один из способов повышения пищевой ценности, улучшения аминокислотного профиля и расширения функционально-технологических свойств пищевых систем [8-9]. По данным литературы, содержание белка составляет: для гороха – 24,1-28,4%, пищевых волокон – 5,4-7,0%; для нута – белка 23,4% (в нутовой муке – до 30,0 %), пищевых волокон – 6,1-6,8%; для чечевицы – белка 23,1-23,8%, пищевых волокон – 3,6-3,9% [8, 9, 15, 17, 19]. Эти показатели позволяют рассматривать все три культуры как сырьё для белково-волоконистого обогащения безглютеновых хлебобулочных, макаронных, десертных, эмульсионных и быстрорастворимых продуктов.

Горох отличается не только содержанием белка, но и антиоксидантной активностью. По данным исследований, антиоксидантная активность гороховой муки может достигать 108,9 мг/100 г, что превышает соответствующий показатель для чечевицы (42 мг/100 г) [15]. Это позволяет рассматривать горох как источник не только белка, но и биоактивных соединений, представляющих интерес для функциональных пищевых систем. Дополнительную ценность имеет способность гороховой муки к биотехнологической модификации. Таким образом, горох целесообразно использовать как технологический ингредиент для белкового и функционального обогащения безглютеновых мучных систем.

Нут отличается вариативностью технологических форм. Нутовая мука содержит 50-

61% углеводов, до 30 % белка, 4,2-13% жира и около 2,5% минеральных веществ, что делает компонентом безглютеновых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [17]. Современные исследования подтверждают возможность применения нутовой муки в рисовых безглютеновых хлебных системах, а также в составе безглютеновых макаронных изделий, где она способствует повышению содержания белка и улучшению аминокислотного профиля [6, 18]. Технологический интерес представляют нутовые экстракты и аквафаба, обладающие пенообразующими и эмульгирующими свойствами. Эти данные подтверждают использование нута для хлебобулочных, макаронных, эмульсионных и вспененных продуктов.

Чечевица по уровню белка сопоставима с горохом и нут, однако её технологическая специфика связана с получением полуфабрикатов с пониженным содержанием антипитательных веществ, а также с влиянием на текстуру, ароматический профиль и сенсорную приемлемость готовых изделий. Современные исследования показывают, что чечевичная мука и пророщенные семена чечевицы могут повышать пищевую ценность и функциональность безглютенового хлеба, но требуют точного подбора дозировки и режима предварительной обработки [20-22]. И чечевица ценна как сырьё для быстрорастворимых, экструдированных и некоторых видов вспененных продуктов.

Сравнение рассмотренных культур показывает, что их функционально-технологическая роль в безглютеновых продуктах различается (табл. 1). Установлено, что горох, нут и чечевица различаются по технологической направленности.

Установлено, что горох, нут и чечевица различаются по технологической направленности. Горох наиболее целесообразно использовать как белковый и функционально модифицируемый компонент безглютеновых мучных систем. Нут отличается наибольшей универсальностью применения (хлебобулочные, макаронные, эмульсионные и вспененные продукты). Чечевица представляет интерес как сырьё для быстрорастворимых, экс-

трудированных и отдельных хлебопекарных систем, а также как источник функциональных водных экстрактов. Следовательно, выбор зернобобового сырья должен опреде-

ляться не только содержанием белка и пищевых волокон, но и целевой технологической функцией ингредиента в конкретной рецептурной системе.

Таблица 1. Количественные показатели пищевой ценности и функционально-технологических свойств гороха, нута и чечевицы как сырья для безглютеновых продуктов
Table 1. Quantitative indicators of nutritional value and functional-technological properties of pea, chickpea and lentil as raw materials for gluten-free products

Показатель	Горох	Нут	Чечевица
Содержание белка, %	24,1-28,4 [8, 9, 15, 16]	23,4; до 30,0 в нутовой муке [8, 9, 17]	23,1-23,8 [19-21]
Содержание пищевых волокон, %	5,4-7,0 [8, 9]	6,1-6,8 [8, 17]	3,6-3,9 [19, 21]
Антиоксидантная активность	108,9 мг/100 г [15]	Данные представлены как значимые за счёт наличия биоактивных соединений, пептидов и полифенолов [8, 9, 14]	42 мг/100 г [15]
Технологически значимая форма ингредиента	Мука, ферментированная мука, белковые продукты [10, 11, 16]	Мука, водные экстракты, аквафаба [6, 14, 12, 17, 18, 26]	Мука, пророщенное зерно, экструдаты, аквафаба [19-22]
Значимые режимы обработки	Лактоферментация 24-48 ч [16]	Ультразвук 200 Вт, 30 мин + протеаза 1%, 55°C, 60 мин, pH 8,0–8,5 [26]	Экструзия 3 МПа, 10-15 с, 120 ± 1 °C / 158 ± 1 °C; проращивание 8 суток; получение аквафабы при соотношении сырья и воды 1:5 в течение 40 мин [19]
Количественный эффект обработки	Пенообразующая способность увеличивается в 2,15-2,22 раза; жиросвязывающая – в 2,87-3,43 раза; перевариваемость белка – на 10,78-11,66% [16]	Экстракт содержит $4,25 \pm 0,07$ мг/мл белка; кратность пены – $5,87 \pm 0,12$; устойчивость пены – 83 ± 2 % [26]	Содержание танинов снижается: при проращивании – в 3,4-4,1 раза; при экструзии – в 1,68-2,52 раза; при получении аквафабы – в 1,5-1,93 раза [19]
Наиболее перспективное применение	Белковое и функциональное обогащение безглютеновых мучных систем [9-11, 16]	Хлебобулочные, макаронные, эмульсионные и вспененные продукты [6, 12, 14, 17, 18]	Быстрорастворяемые, экструдированные и отдельные хлебопекарные системы; аквафаба [19-22]

Источник: составлено авторами

Использование зернобобового сырья в технологии безглютеновых продуктов целесообразно рассматривать не как замену части рисовой или кукурузной муки, а как инструмент направленного изменения пищевой ценности и функционально-технологических свойств рецептурной системы. Введение гороха, нута и чечевицы позволяет компенсировать дефицит белка и пищевых волокон, улучшить аминокислотный профиль, скорректировать структурно-механические характеристики теста, эмульсий и вспененных систем, а также расширить ассортимент специализированной продукции [8-9]. Практическая эффективность такого подхода определяется видом культуры, формой введения ин-

гредиента, его массовой долей и режимом предварительной обработки.

Хлебобулочные изделия. Для этой группы продуктов отсутствие клейковинного каркаса осложняет формирование объёма, пористости, эластичности мякиша и устойчивой структуры теста. Поэтому бобовые ингредиенты рассматриваются не только как источник белка, но и как технологически активная часть композиционной смеси [3, 5-6].

Гороховая мука (особенно ферментированная) представляет интерес для белкового и функционального обогащения мучных систем. Лактоферментация повышает перевариваемость белка, водосвязывающую, жиросвязывающую и пенообразующую способ-

ность ингредиента [16]. Однако при увеличении доли горохового компонента необходимо учитывать риск изменения влажности, плотности, цвета и органолептических характеристик готового изделия.

Для нута более характерно применение в составе многокомпонентных хлебопекарных смесей на основе рисовой и кукурузной муки. Нутовая мука отличается повышенным содержанием белка, липидов и минеральных веществ, что делает её перспективным компонентом хлебобулочных и мучных кондитерских изделий функциональной направленности [17]. Выраженный бобовый привкус нута требует подбора рациональной дозировки и сочетания с другими компонентами, обеспечивающими приемлемый сенсорный профиль.

Чечевичная мука в хлебопекарных системах требует более точного дозирования и технологической оптимизации. Увеличение её доли может сопровождаться изменением цвета, аромата, плотности и текстуры изделия. Эти ограничения особенно значимы для безглютеновых хлебобулочных продуктов, которые изначально склонны к формированию плотного мякиша. Следовательно, чечевичная мука наиболее оправдана в комбинированных рецептурах либо в продуктах, где допустимо формирование более плотной пищевой матрицы.

Макаронные изделия. Зернобобовое сырьё представляет значительный интерес и для этой группы продуктов. Важны не только повышение содержания белка, но и улучшение аминокислотной полноценности рецептурной смеси, формоустойчивость, прочность изделий и сохранение удовлетворительных варочных свойств. Наиболее перспективным компонентом является нутовая мука – источник белка и незаменимых аминокислот, прежде всего лизина. Комбинирование рисовой, сорговой или другой безглютеновой основы с нутовой мукой позволяет повысить биологическую ценность макаронных изделий и уменьшить нутритивные ограничения традиционных «gluten-free» рецептур [18, 27]. Данные о разработке высокобелковых безглютеновых макаронных систем также подтверждают перспективность бобовых компонентов [28].

Аквафаба и водные экстракты. Наиболее известным сырьём для получения аквафабы является нут, однако технологический потенциал проявляют также отвары чечевицы и гороха [14, 23]. Аквафаба содержит растворимые белки, полисахариды и другие компоненты, способные обеспечивать пенообразование, эмульгирование, структурообразование и стабилизацию пищевых систем [12-14]. Благодаря этому она может использоваться в десертных, кондитерских, эмульсионных и вспененных продуктах, где требуется частичная или полная замена яичного белка. Для безглютеновых технологий аквафаба имеет особое значение, так как позволяет одновременно решать задачи структурообразования, стабилизации пены или эмульсии и расширения ассортимента продуктов для потребителей со специальными пищевыми ограничениями. Исследования подтверждают возможность применения аквафабы в безъяичных и безглютеновых кондитерских системах, где она участвует в формировании пористой структуры и может частично заменять яичный белок [24]. Вместе с тем аквафабу нельзя рассматривать как универсальный заменитель животного белка: её эффективность зависит от вида бобового сырья, концентрации сухих веществ, способа получения и состава конкретной рецептурной системы [12-14].

Быстрорастворяемые, экструдированные и концентрированные продукты. Чечевица и горох представляют интерес для этой группы. Для чечевицы направление особенно перспективно благодаря возможности получения полуфабрикатов с пониженным содержанием танинов после проращивания, экструзии или получения водных экстрактов [19]. Такие свойства делают чечевицу сырьём для сухих смесей, супов, каш, концентратов и экструдированных «gluten-free» продуктов. Горох в подобных системах может использоваться для увеличения содержания белка или в форме предварительно ферментированной муки, обладающей улучшенными функционально-технологическими характеристиками [9, 16]. Таким образом, использование зернобобового сырья в безглютеновых продуктах должно строиться на дифференцированном выборе культуры и формы ингредиента (табл. 2).

Таблица 2. Основные направления использования зернобобового сырья
в технологии безглютеновых продуктов

Table 2. Main directions for the use of legume raw materials in gluten-free product technology

Группа безглютеновых продуктов	Наиболее перспективное сырьё	Форма введения	Технологическая задача
Хлебобулочные изделия	Горох, нут, чечевица	Мука, ферментированная мука из пророщенного зерно, композиционные смеси	Повышение белковой ценности, улучшение структуры теста и мякиша, повышение пищевой плотности
Макаронные изделия	Нут, зернобобовые белковые компоненты	Нутовая мука в составе рисовых, сорговых и других безглютеновых композиций	Повышение содержания белка, улучшение аминокислотного профиля, формоустойчивости и пищевой ценности
Мучные кондитерские изделия	Нут, горох, чечевица	Мука, аквафаба, водные экстракты	Коррекция структуры, частичная замена яичного белка, повышение функциональности рецептуры
Вспененные десертные продукты	Нут, чечевица, горох	Аквафаба, водные экстракты	Формирование и стабилизация пены, замена или частичная замена яичного белка
Эмульсионные продукты	Нут, горох	Аквафаба, белковые и водные экстракты	Стабилизация эмульсии, повышение поверхностной активности белковых компонентов
Быстрорастворяемые продукты и концентраты	Чечевица, горох	Пророщенное зерно, экструдаты, мука	Сокращение времени приготовления, повышение пищевой ценности, снижение антипитательной нагрузки
Экструдированные продукты	Чечевица, нут, горох	Экструдированные полуфабрикаты, экструдированная мука	Формирование стабильной структуры, повышение технологичности сырья, снижение антипитательных факторов

Источник: составлено авторами

Применение гороха, нута и чечевицы в технологии безглютеновых продуктов требует обязательного учёта антипитательных факторов, поскольку именно они во многих случаях ограничивают реализацию высокого белкового и минерального потенциала зернобобового сырья.

К числу наиболее значимых относятся фитаты, танины, ингибиторы протеаз, лектины и олигосахариды раффинозного ряда. Их негативное действие проявляется по-разному: фитаты связывают кальций, железо, цинк и магний, снижая биодоступность минеральных веществ; танины образуют комплексы с белками и ухудшают их перевариваемость; ингибиторы протеаз и лектины могут снижать пищевую безопасность и усвояемость компонентов сырья; олигосахариды раффинозного ряда ухудшают пищеварительную переносимость продукта [9, 22, 25].

Для безглютеновых продуктов проблема антипитательных факторов имеет особое значение. Такие изделия нередко характеризуются ограниченной минеральной плотностью и пониженным содержанием белка по сравнению с традиционными продуктами из пше-

ничной муки [1-3]. Поэтому включение зернобобового сырья без предварительной обработки может не полностью решить задачу нутритивного обогащения, если содержащиеся в нём белки и минеральные вещества остаются недостаточно доступными. Следовательно, повышение биодоступности нутриентов гороха, нута и чечевицы следует рассматривать как обязательный этап технологического проектирования специализированных безглютеновых продуктов.

Наиболее распространённые способы снижения антипитательных факторов: замачивание, проращивание, гидротермическая обработка, ферментация, ферментативная обработка, ультразвуковое воздействие и экстракция [22, 25]. Их эффективность зависит от природы антипитательного соединения, вида культуры, продолжительности обработки, температуры, pH среды и формы последующего использования ингредиента.

Технологическая ценность этих методов заключается не только в снижении содержания нежелательных компонентов, но и в изменении функционально-технологических

свойств сырья: растворимости белков, водосвязывающей, жиросвязывающей, эмульгирующей и пенообразующей способности (табл. 3) [10, 11, 14, 16, 26].

Для гороха в литературе приведены данные об эффективности как простых, так и биотехнологических способов обработки. Установлено, что эффективность обработки зернобобового сырья зависит от вида культуры и целевого технологического результата (табл. 4).

После замачивания в течение 6-18 ч содержание лектинов снижается на 38-50%, танинов – на 13-25%, ингибиторов протеаз – на 28-30%. После 12-часового замачивания содержание фитатов может уменьшаться до 9% от исходного уровня.

Кипячение гороха в течение 80 мин обеспечивает снижение ингибиторов протеаз на 70%, лектинов – на 79%, танинов – на 69% [25]. Наибольший технологический интерес представляет лактоферментация гороховой муки, поскольку она позволяет одновременно повысить перевариваемость белка и изменить функционально-технологические

свойства ингредиента. При ферментации в течение 24-48 ч общая перевариваемость белка возрастала с $(83,13 \pm 0,14)$ до $(92,82 \pm 0,11)$ – $(92,09 \pm 0,13)\%$, а биологическая ценность белка – с 73,15 до 81,68-81,96 [16].

Для нута значимы методы, направленные как на снижение антипитательных веществ, так и на повышение функциональной активности белковых экстрактов. Замачивание семян нута снижает содержание танинов, а проращивание и ферментация способствуют деградации фитатов, ингибиторов протеаз и раффинозы [22, 25]. Особое значение имеет комбинированная физико-ферментативная обработка нуттовых экстрактов. При использовании ультразвука мощностью 200 Вт в течение 30 мин с последующим гидролизом протеазой в дозировке 1% при 55°C в течение 60 мин и pH 8,0-8,5 получен экстракт с содержанием белка $(4,25 \pm 0,07)$ мг/мл, кратностью пены $(5,87 \pm 0,12)$ и устойчивостью пены $(83 \pm 2)\%$ [26]. Это подтверждает возможность получения из нута функционального ингредиента для вспененных и эмульсионных систем.

Таблица 3. Основные антипитательные факторы зернобобового сырья и их технологическое значение для безглютеновых продуктов

Table 3. Main antinutritional factors of legume raw materials and their technological significance for gluten-free products

Антипитательный фактор	Основное негативное действие	Технологически значимые последствия для безглютеновых продуктов	Способы снижения
Фитаты	Связывают Fe, Zn, Ca, Mg; снижают биодоступность минеральных веществ	Ограничивают нутритивную ценность продукта, особенно при дефиците минеральных веществ в базовой безглютеновой матрице	Замачивание, проращивание, ферментация, обработка фитазами [9, 22, 25]
Танины	Образуют комплексы с белками; снижают перевариваемость белка; могут придавать вяжущий вкус	Ухудшают белковую доступность, могут вызывать потемнение мякиша и изменение органолептических характеристик	Проращивание, экструзия, гидротермическая обработка, получение водных экстрактов [19, 22, 25]
Ингибиторы протеаз	Подавляют активность пищеварительных ферментов	Снижают перевариваемость белка и биологическую ценность продукта	Проращивание, ферментация, ферментативная и тепловая обработка [9, 22, 25]
Лектины	Обладают антипищевым действием; могут снижать усвояемость компонентов сырья	Ограничивают пищевую безопасность и технологическую пригодность недостаточно обработанного сырья	Замачивание с последующей варкой, тепловая и комбинированная обработка [22, 25]
Олигосахариды раффинозного ряда	Могут вызывать нежелательные эффекты со стороны желудочно-кишечного тракта	Снижают потребительскую приемлемость продуктов с повышенной долей зернобобового сырья	Замачивание, проращивание, ферментация, обработка α -галактозидазами [9, 22, 25]
Белково-полисахаридные и минерал-связанные комплексы	Ограничивают доступность белков и минеральных веществ; снижают функциональную активность ингредиента	Ухудшают растворимость, пенообразование, эмульгирование и структурообразование	Ферментация, ферментативная, ультразвуковая и комбинированная обработка [9-11, 16, 26]

Источник: составлено авторами

Таблица 4. Режимы обработки зернобобового сырья и количественный эффект снижения антипитательных факторов

Table 4. Processing conditions for legume raw materials and quantitative effect of reducing antinutritional factors

Сырьё / объект	Метод обработки	Режим обработки	Снижаемые антипитательные факторы	Количественный эффект	Практически значимый результат
Горох	Замачивание	6-18 ч	Лектины, танины, ингибиторы протеаз	Снижение лектинов на 38-50%, танинов на 13-25%, ингибиторов протеаз на 28-30% [25]	Частичное снижение антипитательной нагрузки; подготовка сырья к дальнейшей переработке
		12 ч	Фитаты	Снижение до 9 % от исходного уровня [25]	Повышение потенциальной биодоступности минеральных веществ
	Кипячение	80 мин	Лектины, танины, ингибиторы протеаз	Снижение лектинов на 79 %, танинов на 69 %, ингибиторов протеаз на 70 % [25]	Существенное снижение антипитательного действия при гидротермической обработке
Гороховая мука	Лактоферментация	24-48 ч	Белково-связанные комплексы и факторы, ограничивающие перевариваемость белка	Общая перевариваемость белка возрастает с $83,13 \pm 0,14$ до $92,82 \pm 0,11$ % через 24 ч и до $92,09 \pm 0,13$ % через 48 ч; биологическая ценность – с $73,15$ до $81,68-81,96$ [16]	Одновременное повышение усвояемости белка и функционально-технологических свойств муки
Нут	Замачивание	По данным источников	Танины и водорастворимые антипитательные вещества	Снижение содержания танинов; частичное удаление водорастворимых компонентов [25]	Ослабление фенольной нагрузки сырья и подготовка к дальнейшей обработке
Нут и другие зернобобовые культуры	Проращивание	По данным обзорных источников	Фитаты, ингибиторы протеаз, лектины	Снижение фитатов на 37–81 %; уменьшение содержания ряда антипитательных компонентов [22, 25]	Повышение биодоступности минеральных веществ и белков
Нутовый экстракт	Ультразвуковая и ферментативная обработка	Ультразвук 200 Вт, 30 мин; протеаза 1%; 55°C; 60 мин; pH 8,0-8,5	Белково-полисахаридные комплексы, ограничивающие растворимость и поверхностную активность белков	Белок – $4,25 \pm 0,07$ мг/мл; кратность пены – $5,87 \pm 0,12$; устойчивость пены – $83 \pm 2\%$ [26]	Получение экстракта, пригодного для замены яичного белка во вспененных и эмульсионных системах
Чечевица	Экструзия	3 МПа; 10-15 с; $120 \pm 1^\circ\text{C}$ в предматричной зоне; $158 \pm 1^\circ\text{C}$ на выходе	Танины	КДЦ «Кермит»: $0,58 \pm 0,003 \rightarrow 0,23 \pm 0,002\%$; «Орловская краснозерная»: $0,37 \pm 0,002 \rightarrow 0,22 \pm 0,002\%$; снижение в 1,68-2,52 раза [19]	Снижение содержания дубильных веществ при сохранении технологичности полуфабриката
	Проращивание	8 суток		КДЦ «Кермит»: $0,58 \pm 0,003 \rightarrow 0,14 \pm 0,001\%$; «Орловская краснозерная»: $0,37 \pm 0,002 \rightarrow 0,11 \pm 0,001\%$; снижение в 3,4-4,1 раза [19]	Наиболее выраженное снижение содержания танинов
	Получение аквафабы	Уваривание в воде при соотношении 1:5 в течение 40 мин		КДЦ «Кермит»: $0,023 \pm 0,001\%$; «Орловская краснозерная»: $0,019 \pm 0,001\%$; в пересчёте на сухое вещество снижение в 1,5-1,93 раза [19]	Получение функционального водного экстракта с пониженным содержанием дубильных веществ

Для чечевицы наиболее подробно представлены данные о снижении содержания танинов. В исследовании сортов «КДЦ Кермит» и «Орловская краснозерная» исходное содержание танинов составляло $(0,58 \pm 0,003)\%$ и $(0,37 \pm 0,002)\%$ соответственно. После экструзии при давлении 3 МПа, продолжительности 10-15 с, температуре $(120 \pm 1)^\circ\text{C}$ в предматричной зоне и $(158 \pm 1)^\circ\text{C}$ на выходе содержание танинов снижалось до $(0,23 \pm 0,002)\%$ и $(0,22 \pm 0,002)\%$ (в 2,52 и 1,68 раза). После проращивания в течение 8 суток содержание танинов уменьшалось до $(0,14 \pm 0,001)\%$ и $(0,11 \pm 0,001)\%$ (снижение в 4,1 и 3,4 раза). При получении чечевичной аквафабы путём уваривания в воде при соотношении 1:5 в течение 40 мин содержание танинов в суспензии составляло $(0,023 \pm 0,001)\%$ и $(0,019 \pm 0,001)\%$; в пересчёте на сухое вещество это соответствовало снижению в 1,5-1,93 раза по сравнению с нативным сырьём [19].

Заключение. Горох, нут и чечевица представляют собой перспективную группу зернобобового сырья для технологии безглютеновых продуктов, позволяющую решить ключевую проблему традиционных «gluten-free» рецептов – недостаточную пищевую плотность (дефицит белка, пищевых волокон и микронутриентов).

Рассматриваемые культуры обладают не одинаковой, а взаимодополняющей технологической направленностью. Горох наиболее целесообразен для белкового и функционального обогащения мучных систем (особенно в ферментированном виде). Нут представляет интерес для хлебобулочных, макаронных, эмульсионных и вспененных продуктов. Чечевица перспективна для быстрорастворимых, экструдированных и отдельных хлебопекарных систем, а также для получения водных экстрактов и аквафабы.

Эффективность применения зернобобового сырья определяется не только видом культуры, но и формой введения ингредиента (мука, ферментированные полуфабри-

каты, экструдаты, пророщенное зерно, аквафаба и др.). Их использование следует рассматривать как инструмент направленного проектирования пищевой системы с заданными нутритивными и структурно-механическими характеристиками.

Обязательным условием является снижение антипитательной нагрузки (фитаты, танины, ингибиторы протеаз, лектины, олигосахариды), так как эти факторы ограничивают биодоступность белка и минеральных веществ. Предварительная обработка (замачивание, проращивание, ферментация, ультразвук, экструзия и др.) – необходимый элемент технологии безглютеновых продуктов.

Научная новизна работы заключается в сравнительной систематизации данных о пищевой ценности, функционально-технологических свойствах, рецептурных возможностях и способах снижения антипитательных факторов гороха, нута и чечевицы применительно к технологии безглютеновых продуктов, что позволяет рассматривать их не разрозненно, а как группу взаимодополняющих ингредиентов.

Практическая значимость состоит в возможности использования обобщённых данных при разработке рецептов безглютеновых хлебобулочных, макаронных, эмульсионных, десертных, вспененных, экструдированных и быстрорастворимых продуктов – для обоснованного выбора вида сырья, формы ингредиента, дозировки и способа предварительной обработки.

Перспективы дальнейших исследований – экспериментальная проверка комбинированных безглютеновых систем с модифицированными ингредиентами из гороха, нута и чечевицы, включая оценку пищевой ценности, аминокислотного состава, перевариваемости белка, биодоступности минеральных веществ, текстурных характеристик, органолептической приемлемости и стабильности качества при хранении.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Gažarová M., Lenártová P., Struharňanská L. Nutritional value of gluten-free products using the front-of-pack labeling Nutri-Score // *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*. 2023. Vol. 74, No. 4. P. 363-371. DOI: 10.32394/rpzh.2023.0277. EDN: ICAEEK.
2. Determination and Comparison of Fat and Fibre Contents in Gluten-Free and Gluten-Containing Flours and Breads: Nutritional Implications / González M.P. [et al.] // *Foods*. 2025. Vol. 14, No. 5, Art. 894. DOI: 10.3390/foods14050894. EDN: TQHQBE.
3. Modernising gluten-free bread: functional fortification strategies and the pivotal role of sourdough in quality enhancement / Plessas S. [et al.] // *Translational Food Sciences*. 2025. Article vxaf020. DOI: 10.1093/trfood/vxaf020. EDN: OSGWEF.
4. Орлова Т.В., Кудинов П.И. Разработка рецептуры и технологии производства хлеба на основе безглютеновых мучных смесей // *Ползуновский вестник*. 2020. № 2. С. 50-57. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2020.02.010. EDN: PRESHG.
5. An integrated instrumental and sensory techniques for assessing liking, softness and emotional related of gluten-free bread based on blended rice and bean flour / Aguiar E.V. [et al.] // *Food Research International*. 2022. Vol. 154. Art. 110999. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.110999. EDN: JEHRPJ.
6. Impact of Sourdough from a Commercial Starter Culture on Quality Characteristics and Shelf Life of Gluten-Free Rice Breads Supplemented with Chickpea Flour / Keramari S. [et al.] // *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 14, Art. 2300. DOI: 10.3390/foods13142300. EDN: AXKNTS.
7. Бобовые культуры – перспективное сырьё для пищевой промышленности / Божко С.Д. [и др.] // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2020. № 2. С. 59-64. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10043. EDN: JLCJTW.
8. Application of legumes in the formulation of gluten-free foods: functional, nutritional and nutraceutical importance / Imam Y.T. [et al.] // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024. Vol. 8. Article 1251760. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1251760. EDN: GNVESW.
9. Aghababaei F., McClements D.J., Hadidi M. Strategies to overcome nutritional and technological limitations of pulse proteins // *Future Foods*. 2025. Vol. 11, Art. 100624. DOI: 10.1016/j.fufo.2025.100624. EDN: OMGDQB.
10. Куликов Д.С., Аксенова Л.М., Самойлова А.М. Функционально-технологические свойства белковых продуктов из зернобобовых культур и их модификация под влиянием различных факторов. Ч. 1 // *Пищевая промышленность*. 2024. № 3. С. 20-25. DOI: 10.52653/PPI.2024.3.3.004. EDN: PDLFCY.
11. Куликов Д.С., Королев А.А. Функционально-технологические свойства белковых продуктов из зернобобовых культур и их модификация под влиянием различных факторов. Ч. 2 // *Пищевая промышленность*. 2024. № 8. С. 35-44. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.007. EDN: VJNLUC.
12. Tufaro D., Capra C. Chickpea cooking water (Aquafaba): Technological properties and application in a model confectionery product // *Food Hydrocolloids*. 2023. Vol. 136, Art. 108231. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2022.108231. EDN: JRHANW.
13. The Potential of Aquafaba as a Structure-Shaping Additive in Plant-Derived Food Technology / Stasiak J. [et al.] // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 7. Article 4122. DOI: 10.3390/app13074122. EDN: SLRTPV.
14. Chickpea aquafaba: a systematic review of the different processes for obtaining and their nutritional and technological characteristics / de Barros Miranda B. [et al.] // *Journal of Food Science and Technology*. 2024. Vol. 61. P. 1439-1456. DOI: 10.1007/s13197-023-05920-y. EDN: JWWTZD.
15. Перфилова О.В., Родина З.Ю. Гороховая мука с позиции антиоксидантной ценности // *Наука и образование*. 2023. Т. 6, № 4. EDN: MPAWAY.
16. Модификация белков гороховой муки с использованием нового штамма молочнокислых бактерий / Куликов Д.С. [и др.] // *Ползуновский вестник*. 2025. № 3. С. 72-78. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.012. EDN: DZQNIP.

17. Исследование качественных показателей муки из нута, кукурузы и риса / Арютюнова Г.Ю. [и др.] // Новые технологии. 2024. Т. 20, № 1. С. 14-25. DOI: 10.47370/2072-0920-2024-20-1-14-25. EDN: FPMAFU.
18. Innovative Gluten-Free Fusilli Noodle Formulation: Leveraging Extruded Japanese Rice and Chickpea Flours / Fernandes S.S. [et al.] // Foods. 2025. Vol. 14, No. 14, Art. 2524. DOI: 10.3390/foods14142524. EDN: OKUJWI.
19. Антипитательные факторы зернобобовых культур: качественный и количественный анализ танинов в чечевице и продуктах ее переработки / Плотников В.Е. [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87, № 3. С. 141-152. DOI: 10.20914/2310-1202-2025-3-141-152. EDN: ZCLVTS.
20. Flaxseed and sprouted lentil seeds as functional ingredients in the development of nutritionally fortified «clean-label» gluten-free breads / Papagianni E. [et al.] // Food Hydrocolloids for Health. 2023. Vol. 4, Art. 100165. DOI: 10.1016/j.fhfh.2023.100165. EDN: WFXNQQ.
21. Öncel B., Özer M.S. Elucidation of technological, functional, sensory properties and aroma profiles of gluten-free breads enriched with lentil flour // Journal of Food Measurement and Characterization. 2025. Vol. 19. P. 1969-1980. DOI: 10.1007/s11694-024-03088-3. EDN: PVKYGW.
22. The Effect of Germination on Antinutritional Components, In Vitro Starch and Protein Digestibility, Content, and Bioaccessibility of Phenolics and Antioxidants of Some Pulses / Tuncel N.Y. [et al.] // Food Science & Nutrition. 2025. Vol. 13, No. 5, Art. e70103. DOI: 10.1002/fsn3.70103. EDN: LUCPWR.
23. Анализ содержания сухих веществ, белка и титруемой кислотности в отварах бобовых / Макарова Н.В. [и др.] // Индустрия питания = Food Industry. 2021. Т. 6, № 3. С. 51-57. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-6. EDN: GUMPET.
24. Investigating the potential of using aquafaba in eggless gluten-free cake production by multicriteria decision-making approach / Yazıcı G.N. [et al.] // Journal of Food Measurement and Characterization. 2023. Vol. 17. P. 5759-5776. DOI: 10.1007/s11694-023-02077-2. EDN: BVLFFV.
25. Cheng S., Langrish T.A.G. A Review of the Treatments to Reduce Anti-Nutritional Factors and Fluidized Bed Drying of Pulses // Foods. 2025. Vol. 14, No. 4, Art. 681. DOI: 10.3390/foods14040681. EDN: SHLNSS.
26. Клименко А.А., Барсукова Н.В. Оценка методов модификации пенообразующих свойств экстрактов нута // Процессы и аппараты пищевых производств. 2025. Т. 18, № 4. С. 26-35. DOI: 10.17586/2310-1164-2025-18-4-26-35. EDN: URQSRH.
27. Абуова А.Б., Муслимов Н.Ж., Кабылда А.И. Показатели качества и безопасности нетрадиционных видов муки для производства безглютеновых макаронных изделий // Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 3. С. 40-55. DOI: 10.36107/spfp.2022.345. EDN: KYBMKK.
28. Development and quality evaluation of high-protein gluten-free pasta formulations / Mostafa S. [et al.] // Scientific Reports. 2025. Vol. 1, Art. 12336. DOI: 10.1038/s41598-025-12336-5. EDN: XSICPF.
29. Иванова Д.А., Тарабанова Е.В. Разработка рецептур функциональных мучных кондитерских изделий с использованием альтернативных белковых компонентов // Вестник МГТУ. 2025. Т. 28, № 2. С. 164-174. DOI: 10.21443/1560-9278-2025-28-2-164-174. EDN: TBLCQY.
30. Резниченко И.Ю., Мирошина Т.А. Современные виды безглютенового сырья: перспективы применения в технологии мучных кондитерских изделий // Вестник КрасГАУ. 2024. № 6. С. 212-219. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-212-219. EDN: YZCTZV.

REFERENCES

1. Gažarová M., Lenártová P., Struharňanská L. Nutritional value of gluten-free products using the front-of-pack labeling Nutri-Score // Roczniki Państwowego Zakładu Higieny. 2023. Vol. 74, No. 4. P. 363-371. DOI: 10.32394/rpzh.2023.0277. EDN: ICAEEK.
2. Determination and Comparison of Fat and Fibre Contents in Gluten-Free and Gluten-Containing Flours and Breads: Nutritional Implications / González M.P. [et al.] // Foods. 2025. Vol. 14, No. 5, Art. 894. DOI: 10.3390/foods14050894. EDN: TQHQBE.
3. Modernising gluten-free bread: functional fortification strategies and the pivotal role of sourdough in quality enhancement / Plessas S. [et al.] // Translational Food Sciences. 2025. Article vxaf020. DOI: 10.1093/trfood/vxaf020. EDN: OSGWEF.

4. Orlova T.V., Kudinov P.I. Development of a recipe and technology for the production of bread based on gluten-free flour mixtures // *Polzunovsky Bulletin*. 2020. No. 2. P. 50-57. Doi: 10.25712/astu.2072-8921.2020.02.010. EDN: PRESHG. [In Russ.]
5. An integrated instrumental and sensory techniques for assessing liking, softness and emotional related of gluten-free bread based on blended rice and bean flour / Aguiar E.V. [et al.] // *Food Research International*. 2022. Vol. 154, Art. 110999. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.110999. EDN: JEHRPJ.
6. Impact of Sourdough from a Commercial Starter Culture on Quality Characteristics and Shelf Life of Gluten-Free Rice Breads Supplemented with Chickpea Flour / Keramari S. [et al.] // *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 14, Art. 2300. DOI: 10.3390/foods13142300. EDN: AXKNTS.
7. Legumes – promising raw materials for the food industry / Bozhko S.D. [et al.] // *Technologies of food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products*. 2020. NO. 2. P. 59-64. DOI: 10.24411/2311-6447-2020-10043. EDN: JLCJTW. [In Russ.]
8. Application of legumes in the formulation of gluten-free foods: functional, nutritional and nutraceutical importance / Imam Y.T. [et al.] // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024. Vol. 8, Art. 1251760. DOI: 10.3389/fsufs.2024.1251760. EDN: GNVESW.
9. Aghababaei F., McClements D.J., Hadidi M. Strategies to overcome nutritional and technological limitations of pulse proteins // *Future Foods*. 2025. Vol. 11, Art. 100624. DOI: 10.1016/j.fufo.2025.100624. EDN: OMGDQB.
10. Kulikov D.S., Aksenova L.M., Samoylova A.M. Functional and technological properties of protein products from leguminous crops and their modification under the influence of various factors. Part 1 // *Food industry*. 2024. No. 3. P. 20-25. DOI: 10.52653/PPI.2024.3.3.004. EDN: PDLFCY. [In Russ.]
11. Kulikov D.S., Korolev A.A. Functional and technological properties of protein products from leguminous crops and their modification under the influence of various factors. Part 2 // *Food industry*. 2024. No. 8. P. 35-44. DOI: 10.52653/PPI.2024.8.8.007. EDN: VJNLUC. [In Russ.]
12. Tufaro D., Cappa C. Chickpea cooking water (Aquafaba): Technological properties and application in a model confectionery product // *Food Hydrocolloids*. 2023. Vol. 136, Art. 108231. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2022.108231. EDN: JRHAHW.
13. The Potential of Aquafaba as a Structure-Shaping Additive in Plant-Derived Food Technology / Stasiak J. [et al.] // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13, No. 7, Art. 4122. DOI: 10.3390/app13074122. EDN: SLRTPV.
14. Chickpea aquafaba: a systematic review of the different processes for obtaining and their nutritional and technological characteristics / de Barros Miranda B. [et al.] // *Journal of Food Science and Technology*. 2024. Vol. 61. P. 1439-1456. DOI: 10.1007/s13197-023-05920-y. EDN: JWWTSD.
15. Perfilova O.V., Rodina Z.Yu. Pea flour from the standpoint of antioxidant value // *Science and education*. 2023. Vol. 6, No. 4. EDN: MPAWAY. [In Russ.]
16. Modification of pea flour proteins using a new strain of lactic acid bacteria / Kulikov D.S. [et al.] // *Polzunovsky Vestnik*. 2025. No. 3. P. 72-78. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.03.012. EDN: DZQNIP. [In Russ.]
17. Study of quality indicators of chickpea, corn and rice flour / Arutyunova G.Yu. [et al.] // *New technologies*. 2024. Vol. 20, No. 1. P. 14-25. DOI: 10.47370/2072-0920-2024-20-1-14-25. EDN: FPMAFU. [In Russ.]
18. Innovative Gluten-Free Fusilli Noodle Formulation: Leveraging Extruded Japanese Rice and Chickpea Flours / Fernandes S.S. [et al.] // *Foods*. 2025. Vol. 14, No. 14, Art. 2524. DOI: 10.3390/foods14142524. EDN: OKUJWI.
19. Anti-nutritional factors of grain legumes: qualitative and quantitative analysis of tannins in lentils and their processed products / Plotnikov V.E. [et al.] // *Vestnik VSUET*. 2025. Vol. 87, No. 3. P. 141-152. DOI: 10.20914/2310-1202-2025-3-141-152. EDN: ZCLVTS. [In Russ.]
20. Flaxseed and sprouted lentil seeds as functional ingredients in the development of nutritionally fortified «clean-label» gluten-free breads / Papagianni E. [et al.] // *Food Hydrocolloids for Health*. 2023. Vol. 4, Art. 100165. DOI: 10.1016/j.fhfh.2023.100165. EDN: WFXNQQ.
21. Öncel B., Özer M.S. Elucidation of technological, functional, sensory properties and aroma profiles of gluten-free breads enriched with lentil flour // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2025. Vol. 19. P. 1969-1980. DOI: 10.1007/s11694-024-03088-3. EDN: PVKYGW.

22. The Effect of Germination on Antinutritional Components, In Vitro Starch and Protein Digestibility, Content, and Bioaccessibility of Phenolics and Antioxidants of Some Pulses / Tuncel N.Y. [et al.] // Food Science & Nutrition. 2025. Vol. 13, No. 5, Art. 70103. DOI: 10.1002/fsn3.70103. EDN: LUCPWR.
23. Analysis of dry matter, protein, and titratable acidity content in legume decoctions / Makarova N.V. [et al.] // Food Industry. 2021. Vol. 6, No. 3. P. 51-57. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-3-6. EDN: GUMPET. [In Russ.]
24. Investigating the potential of using aquafaba in eggless, gluten-free cake production by multicriteria decision-making approach / Yazıcı G.N. [et al.] // Journal of Food Measurement and Characterization. 2023. Vol. 17. P. 5759-5776. DOI: 10.1007/s11694-023-02077-2. EDN: BVLFFV.
25. Cheng S., Langrish T.A.G. A Review of the Treatments to Reduce Anti-Nutritional Factors and Fluidized Bed Drying of Pulses // Foods. 2025. Vol. 14, No. 4, Art. 681. DOI: 10.3390/foods14040681. EDN: SHLNSS.
26. Klimenko A.A., Barsukova N.V. Evaluation of methods for modifying the foaming properties of chickpea extracts // Processes and equipment for food production. 2025. Vol. 18, No. 4. P. 26-35. DOI: 10.17586/2310-1164-2025-18-4-26-35. EDN: URQSRH. [In Russ.]
27. Abuova A.B., Muslimov N.Zh., Kabylda A.I. Quality and safety indicators of non-traditional types of flour for the production of gluten-free pasta // Storage and processing of agricultural raw materials. 2022. No. 3. P. 40-55. DOI: 10.36107/spfp.2022.345. EDN: KYBMKK. [In Russ.]
28. Development and quality evaluation of high-protein gluten-free pasta formulations / Mostafa S. [et al.] // Scientific Reports. 2025. Vol. 15, Art. 12336. DOI: 10.1038/s41598-025-12336-5. EDN: XSICPF.
29. Ivanova D.A., Tarabanova E.V. Development of recipes for functional flour confectionery products using alternative protein components // Bulletin of Moscow State Technical University. 2025. Vol. 28, No. 2. P. 164-174. DOI: 10.21443/1560-9278-2025-28-2-164-174. EDN: TBLCQY. [In Russ.]
30. Reznichenko I.Yu., Miroshina T.A. Modern types of gluten-free raw materials: prospects for the use in flour confectionery technology // Bulletin of KrasSAU. 2024. No. 6. P. 212-219. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-6-212-219. EDN: YZCTZV. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Бугаец Наталья Алексеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общественного питания и сервиса факультета биотехнологии и пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, kubanochka23@yandex.ru

Чимкинова Елена Саналовна, студентка 3 курса группа 23-ПБ-ТО1 направления подготовки бакалавров 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания», кафедра общественного питания и сервиса факультета биотехнологии и пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация г. Краснодар, ул. Московская, д. 2

Суслова Екатерина Александровна, студентка 3 курса группы 23-ПБ-ТО1 направления подготовки бакалавров 19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания», кафедра общественного питания и сервиса факультета биотехнологии и пищевых производств, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация г. Краснодар, ул. Московская, д. 2

Natalya A. Bugaets, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Public Catering and Service, Faculty of Biotechnology and Food Production, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St.

Elena S. Chimkinova, 3rd-year student, group 23-PB-TO1, Bachelor's degree program 19.03.04 "Product Technology and Organization of Public Catering", the Department of Public Catering and Service, Faculty of Biotechnology and Food Production, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St.

Ekaterina A. Suslova, 3rd-year student, group 23-PB-TO1, Bachelor's degree program 19.03.04 «Product Technology and Organization of Public Catering», the Department of Public Catering and Service, Faculty of Biotechnology and Food Production, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St.

Заявленный вклад авторов

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

Claimed contribution of the authors

All authors of the research were directly involved in the planning, execution, and analysis of the research. All authors of the article have reviewed and approved the final version.

Поступила в редакцию 10.04.2026

Поступила после рецензирования 25.05.2026

Принята к публикации 28.05.2026

Received 10.04.2026

Revised 25.05.2026

Accepted 28.05.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-26-38>

УДК 664:664.621.99



Влияние упаковки, выполненной на основе съедобных пищевых пленок, на качество полуфабрикатов

А.Т. Васюкова✉¹, И.У. Кусова²,
М.М. Дышекова², И.А. Богоносова¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный
университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского»;
г. Балашиха, Российская Федерация,
✉vasyukova-at@yandex.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Российский биотехнологический университет»;
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Применение пленок из пектина, целлюлозы глицерина, экстрактов пряностей позволяют решить вопрос утилизации упаковочного материала за счет малоиспользуемого растительного сырья, скорректировать реологические характеристики полуфабрикатов, обогатить минорными нутриентами. **Цель работы.** Оценка влияния съедобных пищевых пленок на функционально-технологические характеристики овощных и мясных изделий на всех стадиях технологического цикла. **Объект и методы исследования.** Для проведения испытаний определяли органолептические показатели полуфабрикатов, покрытых пленкой; кулинарных изделий, разогретых в пароконвектомате вместе с пленкой; а также окисленность упакованной в пленку кулинарной продукции определяли по методике ускоренного теста на окисление. Объекты: пищевые пленки, котлеты, запеканки. **Результаты и обсуждение.** Пленка выполнена из сливового сока, содержащего пектин, сахара, органические кислоты, структурообразователь (метилцеллюлоза), глицерин, экстракт пряностей (чабрец, кориандр), обладающих антиоксидантными свойствами. Использование разработанной пленки позволяет снизить потери массы на усушку при хранении и испарение при разогреве в пароконвектомате. Установлено, разогрев кулинарных изделий в пароконвектомате на режиме «пар+жар» при температуре 180-200°C под действием, перегретого при 115°C пара и в течение 5-10 минут приводит к биодеградации пленки. При 180-200°C и влажности 95-98% пленка переходит в коллоидное состояние, проникает внутрь продуктов, обогащает нутриентами и повышает сочность. Преобразование пленки в жидкий соус возможно при предварительном обводнении в воде 55-60°C. Определение окисленности липидов образцов (ГОСТ 34815) показало стабильность жировых компонентов изделий, покрытых пленкой из сливы с чабрецом в течение 8 суток, отмечена их частичная стабилизация за счет антиоксидантных свойств чабреца. Оценка качества пленки 4,5-4,8 балла. **Заключение.** В течение 10 месяцев хранения при температуре 4-6 °C, относительной влажности воздуха 75-80% потребительские свойства пленки соответствуют ТУ 22.29.23-15.16469822-2024.

Ключевые слова: полуфабрикаты, съедобные пищевые пленки, экстракты пряностей

Для цитирования: Васюкова А.Т., Кусова И.У., Дышекова М.М., Богоносова И.А. Влияние упаковки, выполненной на основе съедобных пищевых пленок, на качество полуфабрикатов. Новые технологии / New technologies. 2026; 22 (2): 26-38. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-26-38>

The influence of packaging made from edible food films on the quality of semi-finished products

A.T. Vasyukova✉¹, I.U. Kusova²,
M.M. Dysheкова², I.A. Bogonosova¹

¹*Russian State University of National Economy named V.I. Vernadsky,
Balashikha, the Russian Federation,
✉vasyukova-at@yandex.ru*

²*Russian Biotechnology University;
Moscow, the Russian Federation*

Abstract. Introduction. Application of films made of pectin, cellulose, glycerin, and spice extracts allows to solve the problem of packaging material utilization due to little-used plant materials, adjust the rheological properties of semi-finished products, and enrich them with minor nutrients. **The goal of the research** was to evaluate the influence of edible food films on the functional and technological characteristics of vegetable and meat products at all stages of the technological cycle. **The object and methods of the research.** For the tests, the organoleptic properties of semi-finished products covered with the film were determined; culinary products heated in a convection steamer together with the film and the oxidation state of culinary products packaged in the film was determined using the accelerated oxidation test method. **The objects:** food films, cutlets, casseroles. **The results and discussion.** The film was made of plum juice containing pectin, sugars, organic acids, a structure-forming agent (methylcellulose), glycerin, and an extract of spices (thyme, coriander) with antioxidant properties. The developed film reduced shrinkage loss during storage and evaporation during reheating in a convection steamer. Reheating culinary products in a convection steamer using the “steam + heat” mode at 180-200°C using steam superheated at 115°C for 5-10 minutes resulted in biodegradation of the film. At 180-200°C and 95-98% humidity, the film transformed into a colloidal state, penetrated the product, enriched it with nutrients, and increased juiciness. The film could be converted into a liquid sauce by pre-wetting it in water at 55-60°C. Lipid oxidation testing of samples (GOST 34815) demonstrated the stability of the fat components of products coated with plum and thyme film for 8 days, with partial stabilization noted due to the antioxidant properties of thyme. Film quality assessment: 4.5-4.8 points. **Conclusion.** During 10 months of storage at a temperature of 4-6°C and a relative humidity of 75-80%, the consumer properties of the film comply with TU 22.29.23-15.16469822-2024.

Keywords: semi-finished products, edible food films, spice extracts

For citation: Vasyukova A.T., Kusova I.U., Dysheкова M.M., Bogonosova I.A. The influence of packaging made from edible food films on the quality of semi-finished products. *New technologies*. 2026; 22 (2): 26-38. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-26-38>

Введение. Полимерные материалы благодаря своей структурной универсальности широко используются в различных отраслях. Поскольку они являются потенциальным источником углерода и энергии для гетеротрофных микроорганизмов, включая бактерии и грибки, их биodeградация влияет на эти отрасли несколькими способами. Информация о разлагаемости может предоставить фундаментальные характеристики, облегчающие проектирование и анализ срока службы мате-

риалов. Важным фактором, который определяет стойкость разработанного полимера к биоразложению, является величина молекул. Полимеры, входящие в состав пищевых пленок (ПП), подвержены деструкции (S. Krishna Mohan, 2012; 2. Abdelmoez, W., 2021; Velaga, S.P., 2018) [1-3]. Несмотря на то, что понимание деградации полимеров продвинулось в последние годы, эта тема все еще недостаточно изучена из-за отсутствия доступной информации. Биodeградация и биоразложение

полимеров и их механизмы взаимодействия, типы микроорганизмов, участвующих в ферментативных процессах и иных реакциях, имеющих значение в биодegradации полимеров. Являясь основными факторами, предотвращающими разрушение полимеров, данные реакции могут использоваться в качестве тестов (Guo, Z., 2021; Baldwin, E. A, Mohamed, S.A.A.; 2020) [4-6] для оценки функциональных свойств ПП.

В то время как мономеры или олигомеры могут быть поражены микроорганизмами и служат для них источником углерода, полимеры с большой молекулярной массой являются стойкими к действию микроорганизмов. Биодegradация полимерных биоматериалов включает расщепление гидролитически или ферментативно чувствительных связей в полимере, что приводит к эрозии полимера. В последнее время было синтезировано огромное количество биоразлагаемых полимеров, а также были идентифицированы некоторые микроорганизмы и ферменты, способные их разлагать (Garavito, J.B. 2020; Chen C. H., et all, 2019; Formanek, Z., 2003) [7-9]. Биодеструкция полимера инициируется процессами биологического и физического характера. К наиболее распространенным факторам, изменяющим свойства ПП, относятся термическое и фотоокисление, термолит, разложение микроорганизмами. Указанные процессы вызывают необратимую деструкцию, приводящую к снижению молекулярной массы полимера, разложению его до мономеров. Рассматриваемый процесс дегradации ПП характеризуется уменьшением молекулярной массы. Если протекание деструктивных изменений сопровождается уменьшением молекулярной массы и вызвано проникновением кислорода, который содержит функциональные группы (радикалы), то данный процесс ускоряет биоразложение ПП. Имеющиеся в окружающей среде бактериальные клетки и грибковые споры начинают колонизироваться на участках разлома и по всей толщине пленки, подвергаемой биодеструкции (Formanek, Z., 2003; Moreno, O., et all, 2018) [10-11]. Биопо-

лимеры образуются в природе во время циклов роста всех организмов, поэтому их также называют природными полимерами. Их синтез обычно включает ферментативно-катализируемые реакции полимеризации цепного роста активированных мономеров, которые обычно образуются внутри клеток в результате сложных метаболических процессов (Moura-Alves, et all, 2023; 13. Jackson-Davis, A. A., 2023) [12-13]. Все перечисленные факторы приводят к разрушению СПП, и процесс заканчивается ее утилизацией.

Ранее установлено (Topuz, F., 2020; 15. Гаджиева, А. М. и др., 2021; Malik, G.K., 2022) [14-16], что срок службы биоразлагаемой пленки составляет до 90 суток при -18°C и 50 суток при -10°C и более точно определяется в зависимости от свойств продукта, подлежащего упаковке, и количества введенного в ее состав консерванта - витамина С, который замедляет процессы окисления при хранении (Jafarzadeh, S., 2021) [17]. Однако актуальность данного направления исследований существенна, и в настоящее время выступает на передний план направление переработки отходов производства, а также опросы охраны окружающей среды. Биоразлагаемые упаковочные материалы способствуют решению данных вопросов. Кроме того, заветривание скоропортящихся продуктов питания в процессе транспортирования и кратковременного хранения, снижение консистенции блюд и других органолептических показателей приводит к снижению потребительского спроса. Съедобная пектиновая пленка, выступающая в роли упаковки и одновременно соуса, служит улучшению качества пищи. Целью работы является оценка влияния съедобных пищевых пленок на функционально-технологические характеристики овощных и мясных изделий на всех стадиях технологического цикла.

Объекты и методы исследования. Материалы.

Рассмотрение вопросов влияния упаковочных материалов на качество овощных и мясных полуфабрикатов осуществлялось по-

средством получения съедобных пектиновых пленок, их применения для покрытия полуфабрикатов при хранении и транспортировании, деградации при тепловой обработке полуфабрикатов и трансформации в соусные структуры. Выявление зависимостей качественных показателей пленки и полуфабрикатов осуществляли общеизвестными физическими и химическими методами исследования. Объекты данной работы: съедобные пищевые пленки (рецептура № 611 «Соус ткемали») [18], овощная

запеканка (картофельная), приготовленная по рецептуре № 265 «Запеканка овощная» (контроль) и котлеты говяжьи (рецептура № 466 «Котлеты, биточки, шницели» – контроль). Рецептуры образцов СПП, запеканки и котлет приведены в таблице 1.

Показатели качества съедобных пленок из фруктового и цитрусового сырья определены по ГОСТ 34815 в соответствии с методикой ускоренного теста на окисление с использованием окислительного испытательного реактора (табл. 2).

Таблица 1. Рецептуры образцов исследования, нетто, г
Table 1. Formulations of research samples, net, g

Наименование продуктов	Съедобные пищевые пленки	Запеканка картофельная с белковым обогатителем	Котлета говяжья
Вкусовая основа (плодовый сок: слива)	91,0	-	-
Глицерин	4,5	-	-
Целлюлоза	5,0	-	-
БАД (чабрец домашний, кориандр)	0,5	-	-
Картофель	-	69,0	-
Маргарин	-	2,0	5,0
Тыква	-	37,0	-
Молоко	-	10,5	17,0
Соль	-	1,1	0,9
Крупа манная	-	25,0	-
СБКС ¹ «Нутринор»	-	18,0	-
Яйцо С1	-	5,7	-
Сухари панировочные	-	3,0	8,0
Сметана 20% жирности	-	3,0	-
Говядина (котлетное мясо)	-	-	63,0
Хлеб пшеничный	-	-	14,0
Выход:	100	100	100

¹ СБКС – сухая белковая композитная смесь

Таблица 2. Исходные данные используемого метода испытания по ГОСТ 34815 [19]
Table 2. Initial data of the test method used according to GOST 34815 [19]

п/п	Наименование показателей	Ед. измерен	Результат исследования	Погрешность (неопределенность)	НД на метод испытания
1.	Индукционный период	[ч: мин: сек]	14:46	2:18	ГОСТ 34815
2.			13:47	2:09	
3.	0xitest идентификация		606214		ГОСТ Р ИСО/МЭК 16022— 2008
4.	Продолжительность теста	ч: мин	172:17	1:03	ГОСТ 34815
5.	Заданная температура	°C	90.0	± 0,01	- « -
6.	Заданное давление	бар	6.00	± 0,01	- « -
7.	Индукционный период IP	ч: мин	14:46	± 0,03	LSM
8.	Кривая 1: полуфабрикат		Y = -0,020x + 6,11		ГОСТ 34815
9.	Кривая 2: готовое изделие		Y = -0,039X + 6,39		

Органолептическую оценку проводили на основе сенсорных критериев качества [20]. Расчеты и графическое представление результатов проводились с использованием визуального программирования в среде Microsoft Office Word 2010, Excel 2010 для Windows, Statistica 10. Статистическая обработка результатов экспериментов осуществлялась с использованием программ Microsoft Office Excel-2007 и Datafit ver. 9.1. Дифференцирование, поиск и анализ экстремумов полученных функций выполнялись с использованием компьютерной алгебры – Maxima. Уровень значимости полученных показателей был установлен на степени $p < 0,05$.

Результаты исследований. Полученные многокомпонентные пищевые системы целенаправленного действия выполняют две основные функции: упаковочного материала и пищевого продукта. Упаковочный материал не вступает во взаимодействие с упакованной в него продукцией. Так как СПП в естественных условиях находится в сухом состоянии, он изменяет ее вкусовые качества, запах, цвет, аромат, не вызывает миграцию содержащихся в нем элементов в упакованный продукт и не разрушается от его воздействия. Однако при достижении пороговой температуры в 75°C и более высоких температур, а также при помещении его во влажную среду или смачивании упакованного продукта водой СПП подвергается биодеструкции, выражающейся в растворении в определенном объеме жидкости. Полученные физико-химические свойства СПП на основе соков или порошкообразных компонентов рецептуры согласуются с результатами ряда исследований (Тверитникова, И.С., 2020; Сергазиева, О.Д., 2018; Vasyukova A.T., (2017) [21-23]. Но имеются и противоречивые данные, авторы которых хотя и утверждают удобство и возможность употребления пленки в пищу, но отмечают ее ограниченную устойчивость к воде и маслам высокой плотности. Эта особенность имеющихся биodeградируемых съедобных пленок не позволяет масштабно использовать

данный вид пленок в пищевой промышленности и торговле в качестве упаковочного материала. Разработанные СПП в течение определенного срока службы не разрушаются и не разлагаются под действием холода, света и других внешних факторов. Установлено, что в течение 10 месяцев хранения при температуре $4-6^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 75-80% потребительские свойства пищевые пленки находятся на уровне требований, соответствующих ТУ 22.29.23-15.16469822-2024.

В разрабатываемых нами СПП в качестве консервантов могут выступать полифенольные соединения, аскорбиновая кислота и другие антиоксиданты, входящие в состав БАД на основе специй и пряно-ароматических растений (чабрец домашний, чабрец горного сбора, кориандр).

Механизм контроля окисления установлен на основании методики определения ускоренного теста на окисление жиров упакованных в СПП полуфабрикатов картофельной запеканки, обогащенной СБКС «Нутринор», и котлет с использованием окислительного испытательного реактора – Oxitest идентификация по ГОСТ № 34815-2021.

Образцы картофельной запеканки с пленкой из сливы с чабрецом горного сбора (полуфабрикат и готовое изделие) показано на рисунке 1.

Обработка в пароконвектомате образцов запеканки (разрез – а) и образца готового продукта (вид сверху с размягченной пленкой – б) свидетельствует о плотном распределении ее состава по всей площади образца и проникновении между порами поверхности внутрь запеканки. Визуально отмечено распространение соуса на 3-4 мм в глубь и по верхней части образцов картофельной обогащенной СБКС «Нутринор» запеканки. Далее устанавливали влияние пленки на мясные котлеты. Образцы котлет с пленкой из сливы с чабрецом горного сбора (полуфабрикат – а, и готовое изделие – б) показаны на рисунке 2.

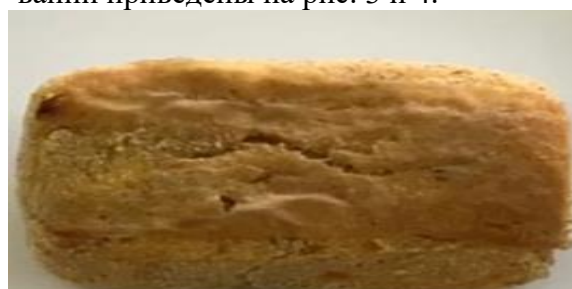
Глубина проникновения деградированной пленки из сливы с чабрецом горного

сбора (соуса) внутрь котлеты наблюдалась по всей поверхности от 3 мм до 4 мм. Эти результаты подтверждены и микроскопическими исследованиями. Однако важным являлось выявление степени физико-химических изменений упакованных в пленку образцов полуфабрикатов и готовых кулинарных изделий в процессе хранения. Про-

веденные исследования окисленности липидов объектов исследования, упакованных в разработанную СПП, обладающую антиоксидантными свойствами, с помощью окислительного теста (ГОСТ 34815) показали хорошую сохраняемость нутриентов при хранении. Результаты исследований приведены на рис. 3 и 4.



а



б

Рис. 1. Образцы картофельных запеканок с пленками (из сливы с чабрецом горного сбора):
а – полуфабрикат: продольный разрез, полуфабрикат с тонкой СПП сверху;
б – готовая запеканка после тепловой обработки с растворенной СПП, вид сверху

Fig. 1. Samples of potato casseroles with films (from plums with mountain thyme):

a – semi-finished product: longitudinal section, semi-finished product with a thin SPP on top;
b – finished casserole after heat treatment with dissolved SPP, top view



а – Котлета с пленкой до обработки
а – Cutlet with film before processing



б – Котлета с пленкой после пароконвектомата
b – Cutlet with film after the convection steamer

Рис. 2. Образцы котлет с пленкой из сливы с чабрецом горного сбора

Fig. 2. Samples of cutlets with plum film and mountain thyme

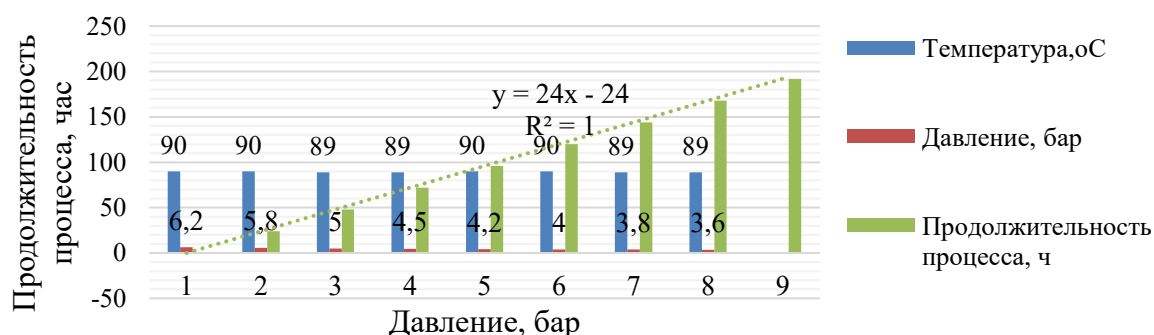


Рис. 3. Окисление образцов полуфабрикатов картофельной запеканки обогащенной СБКС с пленкой из сливы с чабрецом горного сбора (T=89-90°C)

Fig. 3. Oxidation of samples of semi-finished potato casserole enriched with SBKS and plum film with mountain thyme (T = 89-90°C)

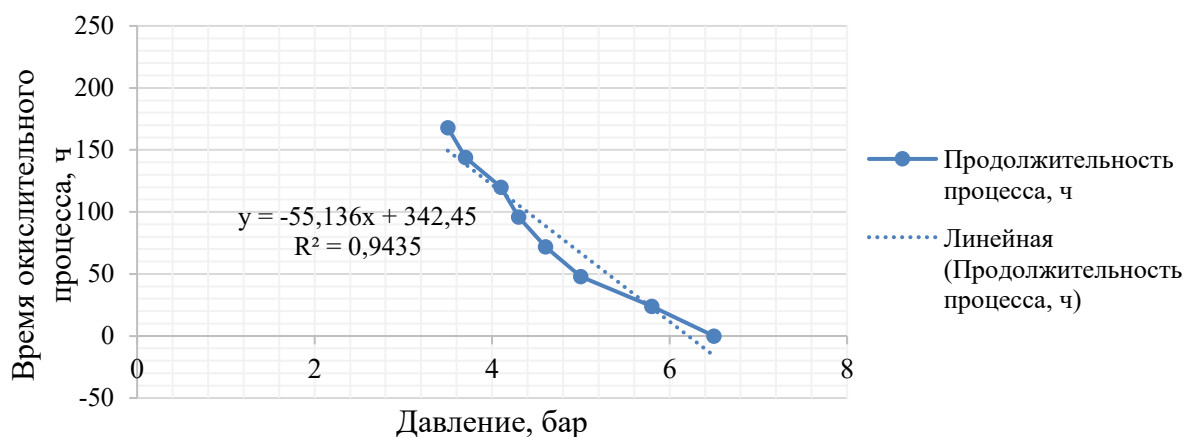


Рис. 4. Окисление образцов готовой картофельной запеканки с пленкой из сливы с чабрецом горного сбора (Т=89-90°C)

Fig. 4. Oxidation of samples of ready-made potato casserole with plum film and mountain thyme (T=89-90°C)

На основании исследований методом ускоренного тестирования на окисление с использованием окислительного испытательного реактора (ГОСТ 34815) установлено отсутствие изменения жировых компонентов картофельной запеканки с покрытием пленкой из сливы с чабрецом в течение 8 суток. При выполнении работ не наблюдается модификация качества образцов, отмечена их частичная стабилизация. Антиоксидантные свойства чабреца позволяют стабилизировать продолжительность хранения скоропортящейся продукции.

В процессе тепловой обработки в пароконвектомате пищевой продукт с СПП на поверхности под действием 180-200°C температуры, перегретого пара и в течение 5-10 минут в зависимости от толщины продукта происходит его разогрев и биodeградация пленки. Содержимое пленки проникает через поры продукта внутрь образца, что обеспечивает увеличение его сочности и позволяет насыщать ингредиентами и вкусовыми веществами искомый продукт. Обводнение и полная деградация СПП зависит от плодово-ягодной основы (сок, пюре или порошок), добавок БАД (специи, пряно-ароматические растения), концентрации целлюлозы и глицерина. Для более полного обоснования влияния съедобной пищевой пленки на качественные характеристики за-

пеканки картофельной и говяжьих котлет. Определяли физико-химические показатели: массовая доля влаги, критерий химического состава, активность воды, криоскопическая точка, пищевая и энергетическая ценность, степень удовлетворения суточной потребности белком. Исследуемые показатели являлись основополагающими при установлении качественных характеристик объектов исследования, так как съедобные плёнки на основе полисахаридов защищают пищевой продукт от потерь массы за счёт снижения скорости испарения влаги. Сливовая пищевая пленка с чабрецом горного сбора создает барьер проникновению кислорода и других веществ извне, замедляя тем самым порчу продукта. Кузнецова Л.С. с соавторами утверждает, что съедобная упаковка, полностью безупречная с экологической точки зрения, может обладать рядом уникальных функциональных свойств и эксплуатационных характеристик за счет введения в ее состав витаминов, ароматизаторов, антиоксидантов и т.д. [24].

Кроме того, Еремеева С.В. с соавторами утверждает, что съедобная пищевая плёнка может использоваться как защитное покрытие продуктов от заветривания и высыхания, а также для формирования из неё пакетов для хранения продуктов. Плёнка не влияет на вкус, цвет и запах приготовляемого

продукта, и он приобретает натуральный вкус и запах [25]. Однако добавляемые нами пряно-ароматические растения повлияют на органолептические показатели готового продукта. Поэтому утверждения Еремеевой С.В. противоречат нашим исследованиям, так как наши исследования проводились с 2021 по 2025 год и направлены на повышение антиоксидантных свойств пленок за счет использования натуральных специй, водно-этанольных или жидкостных экстрактов пряностей, которые обладают вкусо-ароматической гаммой, присущей конкретному виду растения. Основываясь на антиоксидантных свойствах сырья, вводимого в состав биоразлагаемых плёнок, СПП способствуют увеличению срока годности мясных полуфабрикатов. В их рецептурном составе отсутствуют аллергены и токсичные вещества. Например, пленка из ихтиожелатина, как утверждают разработчики СПП, устойчива в хранении при температуре 24 °С в течение 3-5 недель; патогенные микроорганизмы и микроорганизмы порчи не обнаруживаются ни на одной

точке контроля. Однако при хранении мясных продуктов, упакованных в данную пленку при повышенных температурах (37-42°С) на протяжении месяца повышает МА-ФАНМ в 1,2-1,4 раза [25-26].

СПП подвержена воздействию влаги и температуры. Взаимодействуя с парами воды при температуре 100°С и выше происходит обводнение гелеобразной структуры СПП, что приводит к ее набуханию и последующему размягчению и разжижению. Такое пленочное покрытие, используемое для предохранения говяжьих котлет от заветривания, за счет адгезии с поверхностью котлеты, начинает проникать внутрь продукта, обходя его и сообщает изделию свой аромат и вкусовую гамму. Поэтому получены идентичные результаты, ранее полученные с картофельной запеканкой. Сенсорные характеристики запеканки картофельной с СБКС и котлет говяжьих отмечены высокими баллами (рисунки 5-6). Изделия получились сочными, привлекательного внешнего вида, полностью отвечали требованиям потребителей [27-28].

Органолептическая оценка запеканки картофельной с СПП

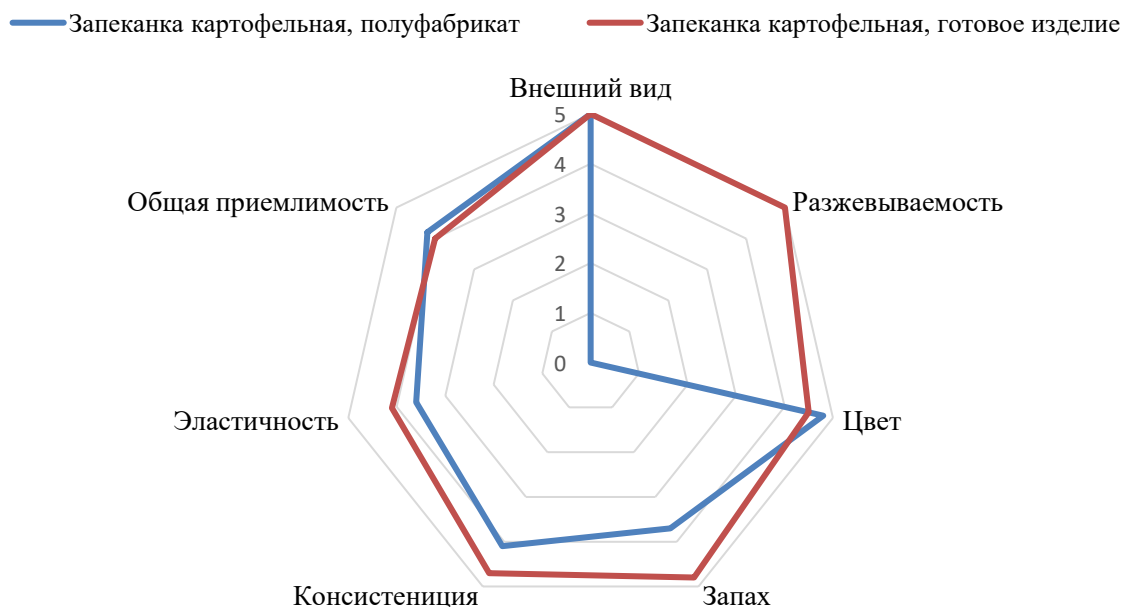


Рис. 5. Органолептическая оценка запеканки картофельной со сливовой СПП с чабрецом горного сбора

Fig. 5. Organoleptic evaluation of potato casserole with plum sauce and mountain thyme

Органолептическая оценка котлет говяжьих с СПП



Рис. 6. Органолептическая оценка котлет говяжьих со сливовой СПП с чабрецом горного сбора
Fig. 6. Organoleptic evaluation of beef cutlets with plum sauce and mountain thyme

Полученные в результате исследований показатели позволяют утверждать, что запеканка картофельная и котлеты говяжьи по внешнему виду, эластичности, разжевыванию имели максимально высокие баллы. Полуфабрикаты котлет и запеканки по вкусовым показателям не оценивались, так как они не проходили термической обработки. Цвет, запах и общая приемлемость имели у всех исследуемых образцов менее высокие показатели (4,6-4,8 балла), но вполне приемлемы, чтобы все образцы относились к качественной продукции.

Таким образом, используя методы органолептического анализа, установлена корреляционная зависимость между отдельными признаками. Вкус, запах, цвет и консистенция во всех разработанных образцах находятся в корреляционной зависимости от концентрации вводимого, ранее не используемого в традиционных рецептурах овощного и фруктового сырья в сочетании с 18% сухой белковой комбинированной смесью «Нутринор», что отражается на интенсивности цветовой гаммы, сочности и однородности консистенции картофельной запеканки. Что касается го-

вежьих котлет, приготовленных по традиционной технологии, больший акцент уделялся показателю разжевывания, текстуре, эластичности и общей приемлемости. Сливовая СПП с чабрецом горного сбора хорошо коррелировала с перечисленными показателями. Разжевываемость и эластичность отмечены высокими баллами («отлично»), а общая приемлемость имела 4,8 балла.

Выводы. Разработанные пищевые съедобные пленки на основе сливовых соков (пюре, порошки) соответствуют требованиям ТУ 22.29.23-15.16469822-2024 и в течение 10 месяцев могут храниться при температуре 4-6°C и относительной влажности воздуха 75-80% без ухудшения потребительских свойств. Проведенные физико-химические исследования методом Охитест-идентификация (ГОСТ 34815) полуфабрикатов и готовых кулинарных изделий, покрытых СПП, позволили установить доброкачественность продукции в течение 8 суток. Причем торможение окислительных процессов как в полуфабрикатах, так и в готовых изделиях осуществляется практически одинаково.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Krishna M., Nindo C.I., Min S.C. Development of Fish Gelatin Edible Films Using Extrusion and Compression Molding // J. Food Eng. 2012. Vol. 108. P. 337-344.
2. Bio-and oxo-degradable plastics: Insights on facts and challenges / W. Abdelmoez [et al.] // Polymers for Advanced Technologies. 2021. Vol. 32, Iss. 4. P. 1-16. DOI:10.1002/pat.5253.
3. Velaga S.P., Nikjoo D., Vuddanda P.R. Experimental Studies and Modeling of the Drying Kinetics of Multicomponent Polymer Films // AAPS PharmSciTech. 2018. Vol. 19. P. 425-435.
4. Changes in Chilled Beef Packaged in Starch Film Containing Sea Buckthorn Pomace Extract and Quality Changes in the Film during Super-Chilled Storage / Guo Z. [et al.] // Meat Sci. 2021. Vol. 182. P. 108620.
5. Baldwin E.A., Hagenmaier R., Bai J. Edible coatings and films to improve food quality/ Boca Raton: CRC Press, 2011. 460 p. eISBN 9780429137327. DOI: 10.1201/b11082
6. Mohamed S.A.A., El-Sakhawy M., El-Sakhawy M.A.M. Polysaccharides, Protein and Lipid-Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review // Carbohydr. Polym. 2020. Vol. 238. P. 116178.
7. Garavito J., Moncayo-Martinez D., Castellanos D. Evaluation of antimicrobial coatings on preservation and shelf life of fresh chicken breast fillets under cold storage // Foods. 2020. No. 9. P. 1203.
8. Application of Protein-Based Films and Coatings for Food Packaging: A Review / Chen H. [et al.] // Polymers. 2019. No. 11. P. 2039.
9. Combined Effects of Irradiation and the Use of Natural Antioxidants on the Shelf-Life Stability of Overwrapped Minced Beef / Formanek Z. [et al.] // Meat Sci. 2003. Vol. 63. P. 433-440.
10. Combined Effects of Irradiation and the Use of Natural Antioxidants on the Shelf-Life Stability of Overwrapped Minced Beef / Formanek Z. [et al.] // Meat Sci. 2003. Vol. 63. P. 433-440.
11. Starch-Gelatin Antimicrobial Packaging Materials to Extend the Shelf Life of Chicken Breast Fillets / Moreno O. [et al.] // LWT 2018. Vol. 97. P. 483-490.
12. Antimicrobial and Antioxidant Edible Films and Coatings in the Shelf-Life Improvement of Chicken Meat / M. Moura-Alves [et al.] // Foods. 2023. Vol. 12, Iss. 12. P. 2308. DOI:10.3390/foods12122308.
13. Review of Regulatory Standards and Advances in Essential Oils as Antimicrobials in Foods / A. Jackson-Davis [et al.] // Journal of Food Protection. 2023. Vol. 86, Iss. 2. P. 100025. DOI: 10.1016/j.jfp.2022.100025.
14. Topuz F., Uyar T. Antioxidant, Antibacterial and Antifungal Electrospun Nanofibers for Food Packaging Applications // Food Res. Int. 2020. Vol. 130. P. 108927.
15. Гаджиева А.М., Маллаева Д.А. Значение безопасных упаковок пищевых продуктов и перспективы их развития // Теория и практика современной науки. 2021. № 4 (70). С. 241-243.
16. Malik G.K., Khuntia A., Mitra J. Comparative Effect of Different Plasticizers on Barrier, Mechanical, Optical, and Sorption Properties of Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC)-Based Edible Film // J. Biosyst. Eng. 2022. Vol. 47. P. 93-105.
17. Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables / S. Jafarzadeh [et al.] // Advances in Colloid and Interface Science. 2021. Vol. 291. P. 102405. DOI: 10.1016/j.cis.2021.102405.
18. Сборник рецептов и кулинарных изделий для предприятий общественного питания / сост. Л.Е. Голунова. СПб.: Профикс, 2003. 408 с.
19. ГОСТ Р 34815-2021 Продукты пищевые. Ускоренный тест на окисление с использованием окислительного испытательного реактора.

20. Матисон В.А., Арутюнова Н.И., Горячева Е.Д. Применение дескрипторно-профильного метода для оценки качества продуктов питания // Пищевая промышленность. 2015. № 5. С. 52-59.
21. Исследование многослойных полимерных пленок, модифицированных антимикробным компонентом, предназначенных для упаковки молочных продуктов / И.С. Тверитникова [и др.] // Пищевая промышленность. 2020. № 12. С. 66-69. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10146.
22. Сергазиева О.Д., Долганова Н.В. Применение пленок на основе желатина для сохранения качества пищевых продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2018. Т. 48, № 1. С. 156-163. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-156-163.
23. Vasyukova A.T., Vasyukov M.V. Impact on the quality of smoked fish products // International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology. 2017. Т. 3, № 8. С. 15.
24. Кузнецова Л.С., Михеева Н.В., Казакова Е.В. Съедобная упаковка в мясных технологиях // Мясные технологии. 2018. С. 1-3.
25. Влияние биоразлагаемой ихтиожелатиновой пленки на качество мясных полуфабрикатов при хранении / С.В. Еремеева [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2023. Т. 11, № 3. С. 64-74. DOI: 10.14529/food230308.
26. Белоглазова К.Е. Разработка пленочных покрытий на основе полисахаридов и перспективы их использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.01.06. Саратов, 2020. 24 с.
27. Богоносowa И.А., Васюкова А.Т. Разработка овощной продукции профилактического назначения с белковыми обогатителями // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. Т. 81, № 2. С. 223-229. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-223-229>.
28. Васюкова А.Т., Мошкин А.В., Богоносowa Н.А. Формирование вкусовых композиций овощных запеканок при использовании углеводно-жировых наполнителей // Новые технологии / New Technologies. 2023. Т. 19, № 4. С. 48-55. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-48-55>.

REFERENCES

1. Krishna M., Nindo C.I., Min S.C. Development of Fish Gelatin Edible Films Using Extrusion and Compression Molding // J. Food Eng. 2012. Vol. 108. P. 337-344.
2. Bio-and oxo-degradable plastics: Insights on facts and challenges / W. Abdelmoez [et al.] // Polymers for Advanced Technologies. 2021. Vol. 32, Iss. 4. P. 1-16. DOI:10.1002/pat.5253.
3. Velaga S.P., Nikjoo D., Vuddanda P.R. Experimental Studies and Modeling of the Drying Kinetics of Multicomponent Polymer Films // AAPS PharmSciTech. 2018. Vol. 19. P. 425-435.
4. Changes in Chilled Beef Packaged in Starch Film Containing Sea Buckthorn Pomace Extract and Quality Changes in the Film during Super-Chilled Storage / Guo, Z. [et al.] // Meat Sci. 2021. Vol. 182. P. 108620.
5. Baldwin E.A., Hagenmaier R., Bai J. Edible coatings and films to improve food quality/ Boca Raton: CRC Press, 2011. 460 p. eISBN 9780429137327. DOI: 10.1201/b11082.
6. Mohamed S.A.A., El-Sakhawy M., El-Sakhawy M.A.M. Polysaccharides, Protein and Lipid-Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review // Carbohydr. Polym. 2020. Vol. 238. P. 116178.
7. Garavito J., Moncayo-Martinez D., Castellanos D. Evaluation of antimicrobial coatings on preservation and shelf life of fresh chicken breast fillets under cold storage // Foods. 2020. No. 9. P. 1203.
8. Application of Protein-Based Films and Coatings for Food Packaging: A Review / Chen H. [et al.] // Polymers. 2019. No. 11. P. 2039.
9. Combined Effects of Irradiation and the Use of Natural Antioxidants on the Shelf-Life Stability of Overwrapped Minced Beef / Formanek Z. [et al.] // Meat Sci. 2003. Vol. 63. P. 433-440.
10. Combined Effects of Irradiation and the Use of Natural Antioxidants on the Shelf-Life Stability of Overwrapped Minced Beef / Formanek Z. [et al.] // Meat Sci. 2003. Vol. 63. P. 433-440.
11. Starch-Gelatin Antimicrobial Packaging Materials to Extend the Shelf Life of Chicken Breast Fillets / Moreno O. [et al.] // LWT 2018. Vol. 97. P. 483-490.
12. Antimicrobial and Antioxidant Edible Films and Coatings in the Shelf-Life Improvement of Chicken Meat / M. Moura-Alves [et al.] // Foods. 2023. Vol. 12, Iss. 12. P. 2308. DOI: 10.3390/foods12122308.
13. Review of Regulatory Standards and Advances in Essential Oils as Antimicrobials in Foods / A. Jackson-Davis [et al.] // Journal of Food Protection. 2023. Vol. 86, Iss. 2. P. 100025. DOI: 10.1016/j.jfp.2022.100025.

14. Topuz F., Uyar T. Antioxidant, Antibacterial and Antifungal Electrospun Nanofibers for Food Packaging Applications // Food Res. Int. 2020. Vol. 130. P. 108927.
15. Gadzhieva A.M., Mallaeva D.A. The Importance of Safe Food Packaging and Prospects for its Development // Theory and Practice of Modern Science. 2021. No. 4(70). P. 241-243.
16. Malik G.K., Khuntia A., Mitra J. Comparative Effect of Different Plasticizers on Barrier, Mechanical, Optical, and Sorption Properties of Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC)-Based Edible Film // J. Biosyst. Eng. 2022. Vol. 47. P. 93-105.
17. Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables / S. Jafarzadeh [et al.] // Advances in Colloid and Interface Science. 2021. Vol. 291. P. 102405. DOI: 10.1016/j.cis.2021.102405.
18. Collection of recipes and culinary products for catering establishments / compiled by L.E. Golunova. St. Petersburg: Profiks, 2003. 408 p. [In Russ.]
19. GOST R 34815-2021 Food products. Accelerated oxidation test using an oxidative test reactor. [In Russ.]
20. Matison V.A., Arutyunova N.I., Goryacheva E.D. Application of the descriptor-profile method for assessing the quality of food products // Food Industry. 2015. No. 5. P. 52-59. [In Russ.]
21. Study of multilayer polymer films modified with an antimicrobial component intended for packaging dairy products / I.S. Tveritnikova [et al.] // Food industry. 2020. No. 12. P. 66-69. DOI: 10.24411/0235-2486-2020-10146. [In Russ.]
22. Sergazieva O.D., Dolganova N.V. Use of gelatin-based films to preserve the quality of food products // Equipment and technology of food production. 2018. Vol. 48. No. 1. P. 156-163. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-156-163. [In Russ.]
23. Vasyukova A.T., Vasyukov M.V. Impact on the quality of smoked fish products // International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology. 2017. Vol. 3. No. 8. P. 15.
24. Kuznetsova L.S., Mikheeva N.V., Kazakova E.V. Edible packaging in meat technologies // Meat technologies. 2018. P. 1-3. [In Russ.]
25. The effect of biodegradable achthyo-gelatin film on the quality of semi-finished meat products during storage / S.V. Ereemeeva [et al.] // Bulletin of SUSU. Series: Food and biotechnology. 2023. Vol. 11, No. 3. P. 64-74. DOI: 10.14529/food230308. [In Russ.]
26. Beloglazova K.E. Development of film coatings based on polysaccharides and prospects for their use: Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation: 03.01.06. Saratov, 2020. 24 p. [In Russ.]
27. Bogonosova, I.A., Vasyukova, A.T. Development of vegetable products for preventive purposes with protein fortifiers // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. 2019. Vol. 81, No. 2. P. 223-229. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-223-229>. [In Russ.]
28. Vasyukova A.T., Moshkin A.V., Bogonosova H.A. Formation of flavor compositions of vegetable casseroles using carbohydrate-fat fillers // New Technologies. 2023. Vol. 19, No. 4. P. 48-55. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-48-55>. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Васюкова Анна Тимофеевна, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского» (Университет Вернадского); 143900, Российская Федерация, г. Балашиха, ул. шоссе Энтузиастов, д. 50, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

Кусова Ирина Урузмаговна, кандидат технических наук, заведующая кафедрой индустрии питания, гостиничного бизнеса и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет»; 125080, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8022-7229>; e-mail: ir.kusowa@yandex.ru

Дышекова Милана Мухамедовна, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет»; 125080, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3594-5413>, e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru

Богоносова Ирина Александровна, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского» (Университет Вернадского); 143900, Российская Федерация, г. Балашиха, ул. шоссе Энтузиастов, д. 50, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1250-0358>, e-mail: bogonosovaia@mgutm.ru

Anna T. Vasyukova, Dr Sci. (Eng.), Professor, Russian State University of National Economy named after V.I. Vernadsky (Vernadsky University); 143900, the Russian Federation, Balashikha, 50 Entuziastov Highway, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>; e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

Irina U. Kusova, PhD (Eng.), Head of the Department of Food Industry, Hotel Business and Service, Russian Biotechnology University; 125080, the Russian Federation, Moscow, 11 Volokolamskoe shosse, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8022-7229>, e-mail: ir.kusowa@yandex.ru

Milana M. Dyshekova, Postgraduate student, Russian Biotechnology University; 125080, the Russian Federation, Moscow, 11 Volokolamskoe shosse, 11, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3594-5413> e-mail: dyshekovamm@mgupp.ru

Irina A. Bogonosova, Postgraduate student, Russian State University of National Economy named after V.I. Vernadsky (Vernadsky University); 143900, the Russian Federation, Balashikha, 50 Entuziastov Highway, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1250-0358>; e-mail: bogonosovaia@mgutm.ru

Заявленный вклад авторов

Васюкова Анна Тимофеевна – разработка методики исследования, валидация данных.
Богоносова Ирина Александровна – проведение эксперимента.
Кусова Ирина Урузмаговна – подбор литературных источников.
Дышекова Милана Мухамедовна – оформление статьи по требованиям журнала.

Claimed contribution of the authors

Anna T. Vasyukova – the research methodology development, data validation.
Irina A. Bogonosova – the experiment execution.
Irina U. Kusova – literature selection.
Milana M. Dyshekova – article formatting according to the Journal requirements.

Поступила в редакцию 05.03.2026

Поступила после рецензирования 16.04.2026

Принята к публикации 17.04.2026

Received 05.03.2026

Revised 16.04.2026

Accepted 17.04.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-39-50>

УДК 616.34-008.1:637.146.4:664.0



Ферментативные гидролизаты белка молочной сыворотки: перспективы использования в энтеральном питании для больных с нарушениями функций желудочно-кишечного тракта

А.Л. Новокшанова¹, Н.А. Бирюлина¹,
Д.В. Абрамов², Ю.С. Сидорова✉¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный
исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»;
г. Москва, Российская Федерация,
✉mailto:mailbox@ion.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия –
филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова», РАН;
г. Углич, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Наличие гидролизованного белка в составе специализированного продукта энтерального питания, предназначенного для больных с нарушениями функций желудочно-кишечного тракта, снижает активность гиперметаболизма, обеспечивает сохранение массы тела, препятствует развитию диареи. **Цель исследования.** Изучение физико-химических и органолептических показателей отечественных ферментативных гидролизатов сывороточных белков коровьего молока с разной степенью гидролиза и оценка перспектив их использования в составе рецептов продуктов энтерального питания для больных с нарушениями функций желудочно-кишечного тракта. **Объекты исследования:** гидролизат сывороточных белков молока (ФГСБ№1) глубокого расщепления из молочного альбумина, гидролизат концентрата сывороточных белков молока глубокого расщепления (ФГСБ№2), гидролизат концентрата сывороточных белков молока средней степени гидролиза (ФГСБ№3) и гидролизат концентрата сывороточных белков термостабильного – микропартикулята (ФГСБ№4). **Методы.** Состояние дисперсных систем оценивали визуально, вкус и запах – органолептически. Измеряли активную кислотность, проводили определение плотности и относительной вязкости образцов водных растворов гидролизатов. Микроскопирование образцов выполняли на световом микроскопе Axio Imager Z1 Carl Zeiss при увеличении объектива х5 и окуляра х10. Для фотосъемки использовали цифровую камеру AxioCam HRC. Размер частиц при электронном микроскопировании вычисляли расчетным методом. **Результаты и обсуждение.** Для растворения ферментативных гидролизатов с концентрацией 8 % приемлемы температуры от 20 °С до 40 °С. Образцы ФГКСБ№2 и ФГКСБ№4 были менее горькими и получили лучшие органолептические оценки восприятия, что более приемлемо для создания продукта энтерального питания. Со снижением степени гидролиза достоверно нарастала вязкость образцов. Более высокую степень дисперсности имели образцы ФГСБ№1 и ФГСБ№2, по сравнению с ФГСБ3 и ФГСБ4. **Заключение.** По совокупности органолептических и физико-химических показателей, а также с учетом более высокой степени гидролиза белка, оптимальным для использования в составе рецептуры специализированного пищевого продукта для энтерального питания может быть признан гидролизат концентрата сывороточных белков молока глубокого расщепления (ФГСБ№1).

Ключевые слова: белок молочной сыворотки, гидролиз, ферменты, протеазы, вязкость, растворимость, органолептические показатели, вкус, консистенция

Для цитирования: Сидорова Ю.С., Бирюлина Н.А., Абрамов Д.В., Новокшанова А.Л. Ферментативные гидролизаты белка молочной сыворотки: перспективы использования в энтеральном питании для больных с нарушениями функций желудочно-кишечного тракта. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (2): 39-50. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-39-50>

Финансирование. Работа выполнена за счет средств Государственного задания тема № FGMF-2025-0011

Enzymatic hydrolysates of whey protein: prospects for the use in enteral nutrition for patients with gastrointestinal disorders

A.L. Novokshanova¹, N.A. Biryulina¹,
D.V. Abramov², Yu.S. Sidorova✉¹

¹*Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology, and Food Safety;
Moscow, the Russian Federation,
✉mailbox@ion.ru*

²*All-Russian Research Institute of Butter and Cheese Making – a branch of the V.M. Gorbatov Federal Scientific Centre for Food Systems, the Russian Academy of Sciences;
Uglich, the Russian Federation*

Abstract. Introduction. The presence of hydrolyzed protein in the composition of a specialized enteral nutrition product intended for patients with gastrointestinal disorders reduces the activity of hypermetabolism, ensures the maintenance of body weight, and prevents the development of diarrhea. The goal of the research was to study physicochemical and organoleptic properties of domestic enzymatic hydrolysates of cow milk whey proteins with different degrees of hydrolysis and to evaluate the prospects of their use in the formulations of enteral nutrition products for patients with gastrointestinal disorders. **The objects of the research:** whey protein hydrolysate (FGSB No. 1) of deep cleavage from milk albumin, hydrolysate of whey protein concentrate of deep cleavage (FGSB No. 2), hydrolysate of whey protein concentrate of medium degree of hydrolysis (FGSB No. 3) and hydrolysate of heat-stable whey protein concentrate - microparticulate (FGSB No. 4). **The Methods.** The state of dispersed systems was assessed visually, and taste and odor were assessed organoleptically. Active acidity was measured, and the density and relative viscosity of aqueous hydrolysate solution samples were determined. Samples were examined microscopically using an Axio Imager Z1 Carl Zeiss light microscope with a 5x objective and 10x eyepiece magnification. An AxioCam HRc digital camera was used for photography. Particle size in electron microscopy was calculated using a computational method. **The results and discussion.** Temperatures from 20°C to 40°C are acceptable for dissolving enzymatic hydrolysates with a concentration of 8%. Samples FGKSB №2 and FGKSB №4 were less bitter and received better organoleptic perception scores, more acceptable for creating an enteral nutrition product. As the degree of hydrolysis decreased, the viscosity of the samples significantly increased. Samples FGSB № 1 and FGSB № 2 had a higher degree of dispersion compared to FGSB No. 3 and FGSB No. 4. **The Conclusion.** Based on the combined organoleptic and physicochemical properties, as well as the higher degree of protein hydrolysis, hydrolyzed whey protein concentrate (FGSB № 1) can be considered optimal for the use in the formulation of a specialized food product for enteral nutrition.

Keywords: whey protein, hydrolysis, enzymes, proteases, viscosity, solubility, organoleptic properties, taste, consistency

For citation: Sidorova Yu.S., Biryulina N.A., Abramov D.V., Novokshanova A.L. Enzymatic hydrolysates of whey protein: prospects for the use in enteral nutrition for patients with gastrointestinal disorders. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2): 39-50. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-39-50>

Funding. The research was supported by State Assignment No. FGMF-2025-0011.

Введение. Промышленное производство специализированной пищевой продукции требует использования особо качественного сырья и значительного перечня биологически активных веществ. В данный момент развитие отечественной индустрии многих специализированных пищевых продуктов сдерживается из-за отсутствия собственного производства ряда ингредиентов. В частности, существует проблема обеспечения населения продуктами энтерального питания, в которых нуждаются и взрослые, и дети в посттравматический и послеоперационный периоды, при неполной проходимости пищевода, желудка и тонкой кишки, при переломах челюстей, при истощении, саркопении, кахексии и многих других тяжелых и длительно протекающих состояниях [1, с. 1-2; 2, с. 2].

Ценным ингредиентом для производства продуктов энтерального питания являются белки молочной сыворотки. Объемы сыворотки составляют от 85 до 95 % от объема молока, используемого в производстве сыра и творога. Отделяемая от казеинового сгустка в процессе коагуляции молока сыворотка представляет собой водную фракцию, в которой сохраняется большая часть пищевых веществ, включая функциональные белки и пептиды, липиды, лактозу, минеральные вещества и витамины. В зависимости от метода осаждения казеина, используемого для коагуляции молока, сыворотка может быть классифицирована на сладкую или кислую [3, с. 148]. Сыворотку используют для производства различных продуктов с добавленной стоимостью: кормов для животных, лактозы и ее производных, молочной кислоты и др. Большое значение при глубокой переработке сыворотки с использованием мембранных технологий имеют сывороточные белки. Сами по себе сывороточные белки обладают большой пищевой ценностью. Их вырабатывают в виде изолятов и концентратов. Не меньший интерес представляют производные сывороточных белков – гидролизаты. Гидролизаты сывороточного белка обладают различной биологиче-

ской активностью, включая антигипертензивное, антиоксидантное, антитромботическое, опиоидное, противомикробное, цитомодулирующее и иммуномодулирующее действие [4, с. 6-7; 5, с. 1374; 6, с. 8-10]. Они могут быть получены с помощью физико-химической, микробиологической или ферментативной обработки [7, с. 352-353].

Интерес к ферментативным процессам во всем мире усиленно растет, поскольку ферментативный биокатализ обладает рядом преимуществ: высокой селективностью, большей стабильностью по сравнению с химическими реакциями и меньшим влиянием на окружающую среду [8, с. 1]. Основными гидролитическими ферментами, на которые приходится около 60 % всего рынка, являются липазы, эпоксидгидролазы, нитрилгидролазы и протеазы [9, с. 488]. Ферментативный гидролиз белков приводит к образованию гидролизатов, степень гидролиза которых зависит от специфичности протеазы и условий гидролиза, таких как соотношение фермент/субстрат, pH, температура, активность фермента и продолжительность гидролиза. В результате этого процесса образуется смесь белковых фрагментов, различающихся по размеру, длине и аминокислотному составу, включающая олигопептиды, пептиды и свободные аминокислоты [10, с. 2]. В этой смеси присутствуют пептиды, многие из которых обладают биологической активностью [11, с. 2].

Стандартное энтеральное питание на основе цельного белка подходит большинству пациентов [12, с. 172]. В ряде случаев, например, при аллергии на белки молока или при падении активности собственных протеиназ, для снижения нагрузки на пищеварительную систему при тяжело протекающих заболеваниях в продукты энтерального питания могут быть введены частично гидролизованные белки [13, с. 625]. Наличие в смеси ди- и трипептидов способствует увеличению всасывания азота в кишечнике, не требует предварительного гидролиза белков, в результате олигомерные смеси всасываются легче, чем

полимерные [14, с. 3]. В олигомерных смесях источниками азота могут служить гидролизаты молочных белков, источниками энергии углеводы (дисахаридами и мальтодекстринами) и липиды (длинноцепочечные триглицериды, ω -3 и ω -6 незаменимые жирные кислоты и среднецепочечные триглицериды). Олигомерные смеси являются полноценными пищевыми продуктами, поскольку содержат все микронутриенты в рекомендованных количествах [15, с. 6].

В связи с вышеизложенным производство гидролизатов сывороточных белков и продуктов энтерального питания представляет особый научный и практический интерес. Возрождение в Российской Федерации производства пищевых ингредиентов и создание условий для выпуска пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества определенно является актуальным.

Согласно медико-биологическому обоснованию состава специализированного продукта для энтерального питания больных с нарушениями функций желудочно-кишечного тракта, белковый компонент должен быть частично представлен ферментативным гидролизатом сывороточного белка коровьего молока. Наличие гидролизованного белка снижает активность гиперметаболизма, обеспечивает сохранение массы тела, препятствует развитию диареи.

Среди предлагаемых на пищевом рынке ингредиентов предпочтительнее использовать сырье российского производства с тем, чтобы максимально снизить зависимость от импортных поставок. В частности, при выборе белковой составляющей исследованы молочные белки и ферментативные гидролизаты, вырабатываемые на территории Российской Федерации.

Целью данного исследования было изучение физико-химических и органолептических показателей четырех ферментативных гидролизатов сывороточных белков коровьего молока с разной степенью гидролиза и оценка перспектив их использования в составе рецептур продуктов энтерального пи-

тания для больных с нарушениями функций желудочно-кишечного тракта.

Объекты и методы исследования

Объекты исследования

1. Гидролизат сывороточных белков молока (далее ФГСБ№1) глубокого расщепления был приготовлен из молочного альбумина по запатентованной технологии с использованием водных экстрактов поджелудочной железы крупного рогатого скота и свиней [16].

2. Гидролизат сывороточных белков молока глубокого расщепления и с низкой остаточной антигенностью (ФГСБ№2) также был приготовлен с использованием ферментов поджелудочной железы крупного рогатого скота и свиней из концентрата сывороточных белков с массовой долей белка 76 % по технологии [17].

3. Гидролизат сывороточных белков молока средней степени гидролиза (ФГСБ№3) был получен из концентрата сывороточных белков с массовой долей белка 76% с использованием комплекса ферментов микробного происхождения Alcalase 2,4 L и Flavourzyme 1000 L при равной дозе их внесения 1,5% по схеме, предложенной компанией-производителем ферментов Novozymes A/S (Application sheet Novozymes A/S).

4. Гидролизат сывороточных белков молока неглубокого расщепления (ФГСБ№4) был получен из концентрата сывороточных белков термостабильного – микропартикулята с использованием комплекса ферментов микробного происхождения Alcalase 2,4 L и Flavourzyme 1000 L при равной дозе их внесения 0,5 % по схеме, предложенной компанией-производителем ферментов Novozymes A/S (Application sheet Novozymes A/S).

Приготовление образцов

В работе исследовали водные растворы гидролизатов сывороточных белков с концентрацией 8%. Для этого в стеклянные стаканы вместимостью 250 см³ отщипывали соответствующие количества питьевой воды и ферментативных гидролизатов, которые вносили в воду при перемешивании стеклянной палочкой. Все операции и визуальные

наблюдения за процессом растворения ингредиентов вели при температуре окружающего воздуха $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$. После растворения ингредиентов оценивали органолептические показатели образцов.

Физико-химические методы исследования

Активную кислотность измеряли согласно [18]. Определение плотности проводили на тензиометре K20 (KRUS, GmbH). Относительную вязкость смесей определяли с помощью вискозиметра Оствальда с диаметром капилляра 0,82 мм [19, с. 93].

Микроскопирование образцов выполняли на световом микроскопе Axio Imager Z1 Carl Zeiss при увеличении объектива $\times 5$ и окуляра $\times 10$. Для фотосъемки использовали цифровую камеру AxioCam HRC.

Размер частиц при электронном микроскопировании вычисляли расчетным методом [20, с. 58-65]. Видимые частицы подразделяли на фракции по размерам: менее 0,12 мкм, от 0,12 до 0,24 мкм, от 0,24 до 0,35 мкм, от 0,35 до 0,47 мкм и от 0,47 до 0,59 мкм и строили кумулятивные кривые распределения частиц, по которым определяли показатели дисперсности образцов. Непосредственно на кривой определяли процентилю (dx) – размер x , ниже которого находилось определенное количество образца.

Результаты обработаны с помощью пакета статистических программ SPSS Statistics 20. Повторность опытов была трехкратной.

Результаты и их обсуждение

Все гидролизаты представляли собой однородный тонкодисперсный порошок от белого до кремового цвета со специфическим, свойственным гидролизатам белков ароматом. В таблице 1 представлены физико-химические показатели исследуемых гидролизатов.

С учетом требований, предъявляемых к олигомерным смесям энтерального питания, первоначально исследованы вкусовые характеристики ФГКСБ, поскольку известно, что по мере разрыва пептидных связей появляется проблема горького вкуса.

Для этого были приготовлены образцы с массовой долей гидролизатов 8 %, что удовлетворяет понятию «гипернитрогенный» продукт энтерального питания. Для выяснения оптимальных условий растворения использовали два температурных режима: $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Внешний вид водных растворов ферментализатов представлен на рисунке 1.

Результаты органолептической оценки водных растворов гидролизатов сывороточных белков представлены в таблице 2.

Оценивали запах, цвет, консистенцию, вкус и послевкусие образцов. Давали общую оценку восприятия по 5-ти бальной шкале.

Таким образом, из рассмотренных четырех вариантов ферментализаты сывороточных белков ФГКСБ№2 и ФГКСБ№4 были менее горькими, что наиболее приемлемо для создания продукта энтерального питания.

В условиях эксперимента все образцы ферментативных гидролизатов хорошо растворялись в воде как при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, так и при температуре $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ (рис. 2).

Продолжительность растворения всех образцов ферментативных гидролизатов в обоих температурных режимах была менее 2 мин. Однако при $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ все образцы ферментализатов растворялись быстрее чем при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. При этом установлено, что образцы ФГКСБ№2 и ФГКСБ№4 растворялись несколько быстрее в сравнении с ФГКСБ№1 и ФГКСБ№3 (рис. 2).

Таблица 1. Физико-химические характеристики ферментализатов
Table 1. Physical and chemical characteristics of enzyme lysates

Показатель	ФГКСБ№1	ФГКСБ№2	ФГКСБ№3	ФГКСБ№4
Массовая доля белка, %	80 $\pm$ 2	75 $\pm$ 2	74 $\pm$ 1	80 $\pm$ 2
Массовая доля лактозы, %	5,0 $\pm$ 1,0	5,0 $\pm$ 0,5	9,0 $\pm$ 2	5,0 $\pm$ 0,5
Зола, %	5,0 $\pm$ 0,8	5,0 $\pm$ 1,0	4,9 $\pm$ 0,6	4,8 $\pm$ 0,8
Влажность, %	5,0 $\pm$ 0,5	4,2 $\pm$ 0,5	3,4 $\pm$ 0,3	4,5 $\pm$ 0,5
Жир, %	7,0 $\pm$ 0,5	7,0 $\pm$ 0,3	5,1 $\pm$ 0,3	7,0 $\pm$ 0,6
Степень гидролиза	55 $\pm$ 5	45 $\pm$ 5	20 $\pm$ 2	11 $\pm$ 1

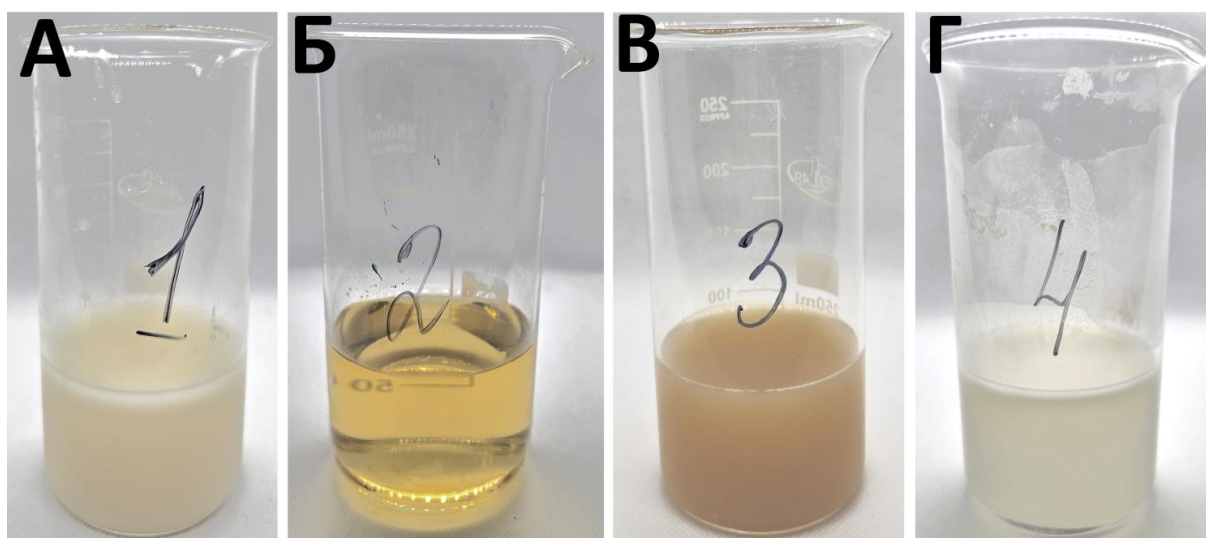


Рис. 1. Внешний вид (А – ФГСБ№1, Б – ФГСБ№2, В – ФГСБ№3, Г – ФГСБ№4)
Fig. 1. External appearance (A – FGSB No. 1, B – FGSB No. 2, C – FGSB No. 3, G – FGSB No. 4)

Таблица 2. Результаты органолептической оценки водных растворов гидролизатов сывороточных белков

Table 2. The results of organoleptic evaluation of aqueous solutions of whey protein hydrolysates

Название образца	Описание вкуса	Общая оценка восприятия, балл
ФГСБ№1	Запах интенсивный сырный. Цвет сливочно-молочный, не прозрачный. Консистенция жидкая, невязкая. Вкус горький, сырный, водянистый. Послевкусие насыщенное сырное. Через (7±1) мин выпадает осадок.	3,0-3,2
ФГСБ№2	Запах не интенсивный, сырный. Цвет соломенно-желтый, прозрачный, напоминал бульон. Консистенция жидкая, невязкая, маслянистая. Вкус водянистый с горечью средней интенсивности. Полностью растворим, осадок не образуется.	3,5-3,8
ФГСБ№3	Запах не интенсивный белковый. Цвет непрозрачный, молочно-коричневый. Консистенция жидкая, невязкая. Вкус горький, послевкусие горькое. Осадок не образуется.	2,5-3,0
ФГСБ№4	Запах не интенсивный, белковый. Цвет белый, молочный. Консистенция жидкая, невязкая. Вкус белково-молочный, горечь средней интенсивности. Осадок образуется через (2,0±0,5) мин.	4,0-4,1

Результаты определения таких показателей, как активная кислотность, плотность и вязкость водных растворов ферментативных гидролизатов, показаны в таблице 3.

Из таблицы 3 видно, что со снижением степени гидролиза достоверно нарастала вязкость образцов ферментативных гидро-

лизатов. Плотность и активная кислотность достоверно между исследуемыми образцами не отличалась.

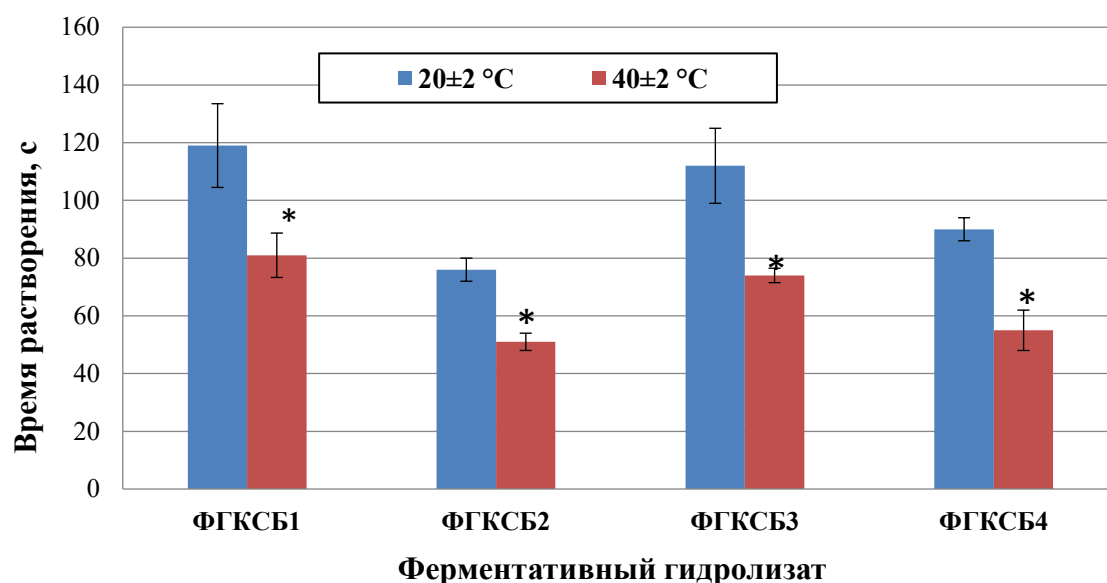
Микрофотографии образцов сухих ферментализатов представлены на рисунке 3, результаты расчета степени дисперсности – в таблице 4.

Таблица 3. Активная и титруемая кислотность, плотность, вязкость образцов

Table 3. Active and titratable acidity, density, and viscosity of samples

Образец	Активная кислотность, единицы pH	Плотность, кг/м ³	Вязкость образцов, мПа·с
ФГСБ№1	6,2-6,3	1,023±0,001	3,91±0,02
ФГСБ№2	6,3-6,4	1,024±0,001	3,85±0,02
ФГСБ№4	6,3-6,5	1,022±0,001	4,80±0,01 ^{1,2,3}
ФГСБ№3	6,5-6,7	1,019±0,001	4,24±0,02 ^{1,2}

Примечание: 1 – различия достоверны относительно ФГСБ1, 2 – различия достоверны относительно ФГСБ2, 3 – различия достоверны относительно ФГСБ3



Примечание* - различия достоверны по сравнению с временем растворения при (20±2) °C

Рис.2. Растворимость

Fig. 2. Solubility

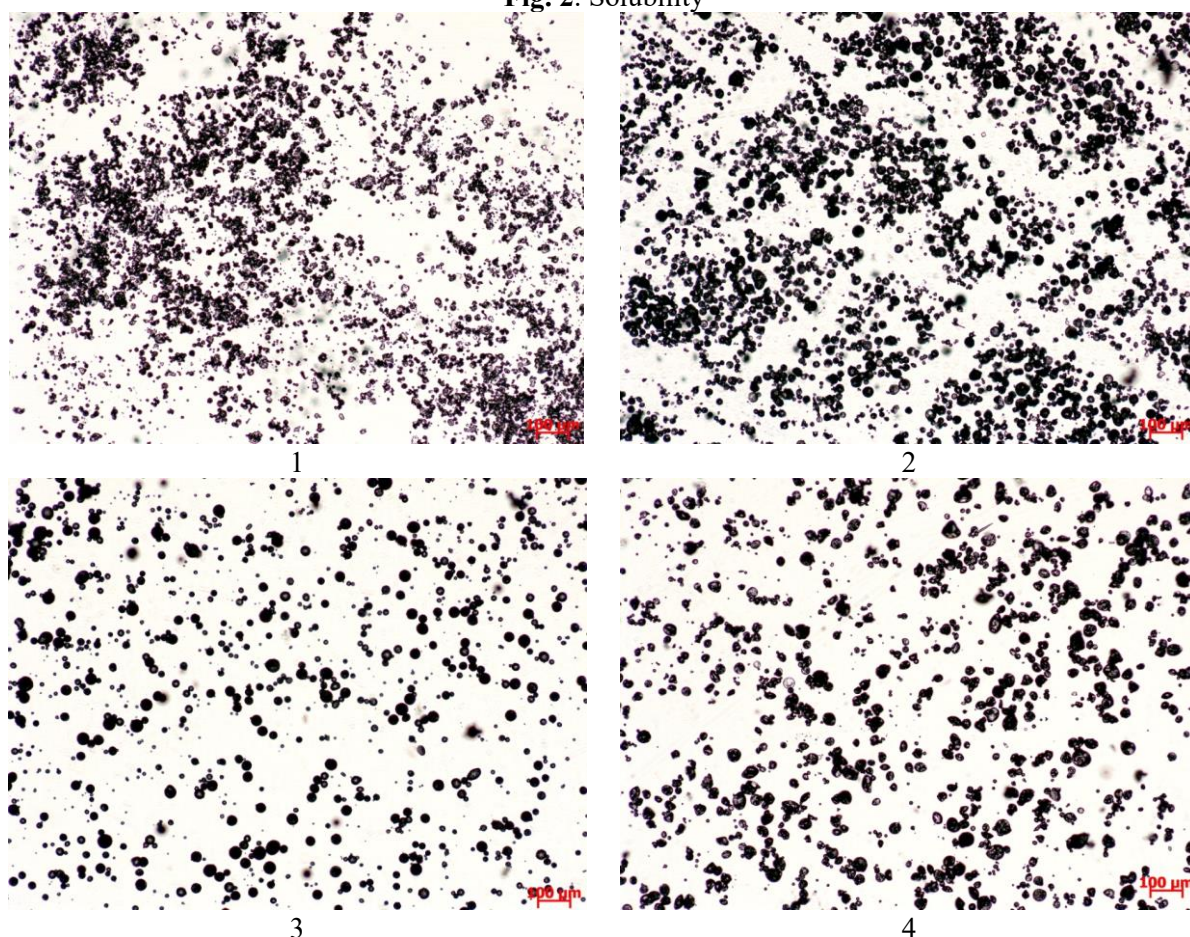


Рис. 3. Микроструктура образцов ферментативных гидролизатов с разной степенью гидролиза, где 1 – ФГКСБ№1, 2 – ФГКСБ№2; 3 – ФГКСБ№3; 4 – ФГКСБ№4

Fig. 3. Microstructure of enzymatic hydrolysate samples with different degrees of hydrolysis, where 1 is FGSB No. 1, 2 is FGSB No. 2; 3 is FGSB No. 3; 4 is FGSB No. 4

Таблица 4. Расчетные размеры частиц в ферментолизатах сывороточных белков
Table 4. Calculated particle sizes in whey protein enzyme lysates

Расчетные диаметры, мкм	Значения			
	ФГКСБ№1	ФГКСБ№2	ФГКСБ№3	ФГКСБ№4
d ₁₀ , мкм	0,02±0,01	0,04±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01
d ₅₀ , мкм	0,06±0,01	0,09±0,01	0,08±0,01	0,07±0,01
d ₉₀ , мкм	0,15±0,02	0,18±0,02	0,26±0,02	0,35±0,02

Как видно из данных, представленных в таблице 4, минимальный медианный диаметр (0,06±0,01) мкм имели частицы ФГКСБ№1, максимальный медианный диаметр частиц (0,09±0,01) мкм был в ФГКСБ№2. Более высокую степень дисперсности имели образцы ФГКСБ№1 и ФГКСБ№2, по сравнению с ФГКСБ3 и ФГКСБ4.

Обсуждение. Ферментативные гидролизаты сывороточных белков имели сходства и различия в использованном сырье и в технологии получения. Образцы ФГКСБ№1 и ФГКСБ2 были получены по одинаковой технологии, но из разного сырья. В результате степень дисперсности ФГКСБ№1 была несколько больше, чем у образца ФГКСБ№2. По-видимому, более крупный размер частиц ФГКСБ№2 является одной из причин появления осадка в его водном растворе.

Больше отличий было выявлено у образцов ФГКСБ№3 и ФГКСБ№4. Первый ферментолизат получен из концентрата сывороточных белков с содержанием белков 76%, второй из термостабильного микропартикулята – концентрата сывороточных белков с содержанием белков 82%. Для гидролиза этих субстратов использована одинаковая комбинация ферментов Alcalase 2,4 L и Flavourzyme 1000 L, но их соотношение, а также продолжительность процессов отличались. Микроскопирование образцов показало, что ферментолизаты, полученные комбинированием Alcalase 2,4 L и Flavourzyme 1000 L, были более грубодисперсными, чем образцы ФГКСБ№1 и ФГКСБ№2, гидролизованные ферментами поджелудочной железы сельскохозяйственных животных. Также в водном растворе ФГКСБ№4 наблюдали быстрое появление осадка, что, вероятно, обусловлено досто-

верно большими размерами частиц в нем по сравнению с ФГКСБ№3 (0,35±0,02) и (0,26±0,02) мкм соответственно.

По полученным данным, для растворения исследованных ферментативных гидролизатов с концентрацией 8% приемлемы температуры от 20°C до 40°C. Ускорение растворимости образцов, наблюдаемое при 40°C в сравнении с режимом 20°C, обусловлено увеличением кинетической энергии частиц при переходе из твердой фазы в раствор в результате повышении температуры.

Также установлено, что более высокая степень дисперсности сухих ферментолизатов коррелировала с показателями вязкости их водных растворов. Преобладание крупнодисперсных частиц в образцах ФГКСБ№3 и ФГКСБ№4 привело к достоверному увеличению вязкости по сравнению с ФГКСБ№1 и ФГКСБ№2.

Закключение. По совокупности органолептических и физико-химических показателей, а также с учетом более высокой степени гидролиза белка, гарантирующей содержание в составе пептидной смеси ди- и трипептидов и снижение антигенности, оптимальным для использования в составе рецептуры специализированного пищевого продукта для энтерального питания по результатам данного исследования может быть признан гидролизат сывороточных белков молока глубокого расщепления (ФГКСБ№2).

Другие исследуемые гидролизаты с учетом полученных результатов также могут быть успешно использованы в составе рецептур специализированных пищевых продуктов, предназначенных, например, для питания спортсменов или в виде дополнительного питания при недостаточном потреблении белка.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The role of nutritional support in the physical and functional recovery of critically ill patients: a narrative review / Bear D.E. [et al.] // *Crit Care*. 2017. Vol. 21, No. 1. P. 226. DOI: 10.1186/s13054-017-1810-2.
2. Van Zanten A.R.H., De Waele E., Wischmeyer P.E. Nutrition therapy and critical illness: practical guidance for the ICU, post-ICU, and long-term convalescence phase // *Crit Care*. 2019. Vol. 23. P. 368. DOI: 10.1186/s13054-019-2657-5.
3. Zandona E., Blažić M., RežekJambrak A. Whey utilization: sustainable uses and environmental approach // *Int J Dairy Technol*. 2021. Vol. 59, No. 2. P. 147-161. DOI: 10.17113/ftb.59.02.21.6968.
4. Antioxidant Properties of Whey Protein-Derived Peptides: Radical Scavenging and Cytoprotective Effects / Suzuki R. [et al.] // *Food Sci Nutr*. 2025. Vol. 13, No. 10. P. e71092. DOI: 10.1002/fsn3.71092.
5. Deep Learning-Driven Optimization of Antihypertensive Properties from Whey Protein Hydrolysates: A Multienzyme Approach / Jiang S. [et al.] // *J Agric Food Chem*. 2025. Vol. 73, No. 2. P. 1373-1388. DOI: 10.1021/acs.jafc.4c10830.
6. Milk Whey Hydrolysates as High Value-Added Natural Polymers: Functional Properties and Applications / León-López A. [et al.] // *Polymers (Basel)*. 2022. Vol. 14, No. 6. P. 1258. DOI: 10.3390/polym14061258.
7. Gastrointestinal tolerance, healthcare resource utilization, and cost analysis of whey peptide-based enteral formula in pediatric post-acute care: A retrospective study / Sankararaman S. [et al.] // *Clin Nutr ESPEN*. 2025. Vol. 70. P. 352-359. DOI: 10.1016/j.clnesp.2025.10.004.
8. Peptide profiles and allergy reactivity of extensive hydrolysates of milk protein / Cui Q. [et al.] // *Food Chem*. 2023. Vol. 411. P. 135544. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135544.
9. Industrial enzymes. In: *Industrial biorefineries & white biotechnology* / Singhania R.R. [et al.] // Elsevier. 2015. P. 473-497. DOI: 10.1016/B978-0-444-63453-5.00015-X.
10. Hasan M.J., Haque P., Rahman M.M. Protease enzyme based cleaner leather processing: a review // *J CleanProd*. 2022. P. 132826. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.132826.
11. Protein Hydrolysates and Bioactive Peptides as Mediators of Blood Glucose—A Systematic Review and Meta-Analysis of Acute and Long-Term Studies / Elbira A. [et al.] // *Nutrients*. 2024. Vol. 16. P. 323. DOI: 10.3390/nu16020323.
12. Bioactive peptides and proteins from foods: Indication for health effects / Möller N.P. [et al.] // *Eur. J. Nutr*. 2008. Vol. 47. P. 171-182. DOI:10.1007/s00394-008-0710-2.
13. ESPEN guideline: Clinical nutrition in surgery / Weimann A. [et al.] // *Clin Nutr*. 2017. Vol. 36, No. 3. P. 623-650. DOI: 10.1016/j.clnu.2017.02.013.
14. Partially hydrolyzed cow's milk protein formula with an added prebiotic is well-tolerated, safe, and supports age-appropriate growth in healthy term infants through one year of age: DBRCT / Fabrizio V. [et al.] // *BMC Pediatr*. 2026. P. 41527066. DOI: 10.1186/s12887-025-06454-2.
15. Enteral Infant Formulas: A Narrative Review of Historical Evolution, Nutritional Composition, and Clinical Use in Pediatrics / Martínez-Vázquez J. [et al.] // *Cureus*. 2025. Vol. 17, No. 4. P. e82692. DOI: 10.7759/cureus.82692.
16. Способ производства гидролизата сывороточных белков: патент RU 2005100473 А. Рос. Федерация МПК A23J 1/20, A23J 1/22 / Абрамов Д.В. [и др.]; № 2005100473/13, заявл. 11.01.2005, опубл. 20.06.2006, Бюл. № 17.
17. Способ производства гидролизата сывороточных белков с высокой степенью гидролиза и низкой остаточной антигенностью: патент RU 2529707 С2 Рос. Федерация МПК A23J 1/20 / Мяконосов Д.С. [и др.]; 2012158005/10, заявл. 28.12.2012, опубл. 10.07.2104, Бюл. № 27.
18. ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности.

19. Specialized food products with immunomodulatory properties: basic component formulation / Novokshanova A.L. [et al.] // *New technologies*. 2025. Vol. 21, No. 4. P. 89-100. DOI: 10.47370/2072-0920-2025-21- 4-89-100.

20. Rawle A. The Basic Principles of Particle Size Analysis // *Coatings Journal*. 2003. Vol. 86, No. 2. P. 58-65.

REFERENCES

1. The role of nutritional support in the physical and functional recovery of critically ill patients: a narrative review / Bear D.E. [et al.] // *Crit Care*. 2017. Vol. 21, No. 1. P. 226. DOI: 10.1186/s13054-017-1810-2.

2. Van Zanten A.R.H., De Waele E., Wischmeyer P.E. Nutrition therapy and critical illness: practical guidance for the ICU, post-ICU, and long-term convalescence phase // *Crit Care*. 2019. Vol. 23. P. 368. DOI: 10.1186/s13054-019-2657-5.

3. Zandona E., Blažić M., RežekJambrak A. Whey utilization: sustainable uses and environmental approach // *Int J Dairy Technol*. 2021. Vol. 59, No. 2. P. 147-161. DOI: 10.17113/ftb. 59. 02. 21. 6968.

4. Antioxidant Properties of Whey Protein-Derived Peptides: Radical Scavenging and Cytoprotective Effects / Suzuki R. [et al.] // *Food Sci Nutr*. 2025. Vol. 13, No. 10. P. e71092. DOI: 10.1002/fsn3.71092.

5. Deep Learning-Driven Optimization of Antihypertensive Properties from Whey Protein Hydrolysates: A Multienzyme Approach / Jiang S. [et al.] // *J Agric Food Chem*. 2025. Vol. 73, No. 2. P. 1373-1388. DOI: 10.1021/acs.jafc.4c10830.

6. Milk Whey Hydrolysates as High Value-Added Natural Polymers: Functional Properties and Applications / León-López A. [et al.] // *Polymers (Basel)*. 2022. Vol. 14, No. 6. P. 1258. DOI: 10.3390/polym14061258.

7. Gastrointestinal tolerance, healthcare resource utilization, and cost analysis of whey peptide-based enteral formula in pediatric post-acute care: A retrospective study / Sankararaman S. [et al.] // *Clin Nutr ESPEN*. 2025. Vol. 70. P. 352-359. DOI: 10.1016/j.clnesp.2025.10.004.

8. Peptide profiles and allergy reactivity of extensive hydrolysates of milk protein / Cui Q. [et al.] // *Food Chem*. 2023. Vol. 411. P. 135544. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135544.

9. Industrial enzymes. In: *Industrial biorefineries & white biotechnology* / Singhania R.R. [et al.] // Elsevier. 2015. P. 473-497. DOI: 10.1016/B978-0-444-63453-5.00015-X.

10. Hasan M.J., Haque P., Rahman M.M. Protease enzyme based cleaner leather processing: a review // *J CleanProd*. 2022. P. 132826. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.132826.

11. Protein Hydrolysates and Bioactive Peptides as Mediators of Blood Glucose—A Systematic Review and Meta-Analysis of Acute and Long-Term Studies / Elbira A. [et al.] // *Nutrients*. 2024. Vol. 16. P. 323. DOI: 10.3390/nu16020323.

12. Bioactive peptides and proteins from foods: Indication for health effects / Möller N.P. [et al.] // *Eur. J. Nutr*. 2008. Vol. 47. P. 171-182. DOI:10.1007/s00394-008-0710-2.

13. ESPEN guideline: Clinical nutrition in surgery / Weimann A. [et al.] // *Clin Nutr*. 2017. Vol. 36, No. 3. P. 623-650. DOI: 10.1016/j.clnu.2017.02.013.

14. Partially hydrolyzed cow's milk protein formula with an added prebiotic is well-tolerated, safe, and supports age-appropriate growth in healthy term infants through one year of age: DBRCT / Fabrizio V. [et al.] // *BMC Pediatr*. 2026. P. 41527066. DOI: 10.1186/s12887-025-06454-2.

15. Enteral Infant Formulas: A Narrative Review of Historical Evolution, Nutritional Composition, and Clinical Use in Pediatrics / Martínez-Vázquez J. [et al.] // *Cureus*. 2025. Vol. 17, No. 4. P. e82692. DOI: 10.7759/cureus.82692.

16. Method for producing whey protein hydrolysate: patent RU 2005100473 A. Rus. Federation IPC A23J 1/20, A23J 1/22 / Abramov D.V. [et al.]; No. 2005100473/13, declared 11.01.2005, published 20.06.2006, Bulletin No. 17. [In Russ.]

17. Method for producing whey protein hydrolysate with a high degree of hydrolysis and low residual antigenicity: patent RU 2529707 C2 Rus. Federation IPC A23J 1/20 / Myagkonosov D.S. [et al.]; 2012158005/10, declared 28.12.2012, published 10.07.2104, Bulletin No. 27. [In Russ.]

18. GOST 32892-2014 Milk and dairy products. Method for measuring active acidity. [In Russ.]

19. Specialized food products with immunomodulatory properties: basic component formulation / Novokshanova A.L. [et al] // New technologies. 2025. Vol. 21, No. 4. P. 89-100. DOI: 10.47370/2072-0920-2025-21-4-89-100.

20. Rawle A. The Basic Principles of Particle Size Analysis // Coatings Journal. 2003. Vol. 86, No. 2. P. 58-65.

Информация об авторах / Information about the authors

Новокшанова Алла Львовна, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, 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

Бирюлина Надежда Александровна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, 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/0000-0002-4143-9066>, e-mail: biryulina_nadezhda@mail.ru

Абрамов Дмитрий Васильевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, руководитель направления биохимических исследований по сыроделию и маслоделию, Всероссийский научно-исследовательский институт маслоделия и сыроделия – филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В. М. Горбатова; 152613, Российская Федерация, г. Углич, Красноармейский бульвар, 19, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8326-1932>, e-mail: d.abramov@fneps.ru

Сидорова Юлия Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, 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/0000-0002-2168-2659>, e-mail: sidorovaulia28@mail.ru

Alla L. Novokshanova, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Centre 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

Nadezhda A. Biryulina, PhD (Biology), Junior Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14. Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4143-9066>, e-mail: biryulina_nadezhda@mail.ru

Dmitry V. Abramov, PhD (Biology), Senior Researcher, Head of Biochemical Research in Cheese and Butter Making, All-Russian Research Institute of Butter and Cheese Making – Branch of the V. M. Gorbatov Federal Scientific Centre for Food Systems; 152613, the Russian Federation, Uglich, Krasnoarmeysky Boulevard, 19, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8326-1932> e-mail: d.abramov@fneps.ru

Yuliya S. Sidorova, PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14. Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2168-2659>, e-mail: sidorovaulia28@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Сидорова Юлия Сергеевна, Бирюлина Надежда Александровна – проведение эксперимента.
Новокшанова Алла Львовна, Сидорова Юлия Сергеевна – подбор литературных источников.
Бирюлина Надежда Александровна, Абрамов Дмитрий Васильевич – оформление статьи по требованиям журнала.

Сидорова Юлия Сергеевна, Бирюлина Надежда Александровна, Новокшанова Алла Львовна, Абрамов Дмитрий Васильевич – разработка методики исследования, валидация данных.

Новокшанова Алла Львовна – редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Claimed contribution of the authors

Yulia S. Sidorova, Nadezhda A. Biryulina – conducting the experiment.

Alla L. Novokshanova, Yulia S. Sidorova – selection of literary sources.

Nadezhda A. Biryulina, Dmitry V. Abramov – preparation of the article according to the requirements of the Journal.

Yulia S. Sidorova, Nadezhda A. Biryulina, Alla L. Novokshanova, Dmitry V. Abramov – development of the research methodology, data validation.

Alla L. Novokshanova – editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Поступила в редакцию 20.02.2026

Поступила после рецензирования 26.03.2026

Принята к публикации 30.03.2026

Received 20.02.2026

Revised 26.03.2026

Accepted 30.03.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-51-64>

УДК 637.14:637.136.5:616.391



Сравнительная характеристика ферментативных гидролизатов белков коровьего молока для использования в энтеральном питании

Ю.С. Сидорова¹, Н.А. Петров✉¹, Н.А. Бирюлина¹,
С.Н. Зорин¹, Е.Н. Соколова², В.К. Мазо¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр питания, биотехнологии и безопасности пищи»;
г. Москва, Российская Федерация,
✉petrov-nikita-y@mail.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии –
филиал ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии»;
г. Москва, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Энтеральное питание является важнейшим компонентом лечения тяжело-больных пациентов. Его назначают пациентам при функционирующем пищеварительном тракте в ситуациях, когда обычный оральный прием пищи не обеспечивает физиологические потребности организма. Благодаря высокой биологической ценности и оптимальному аминокислотному составу сывороточные белки коровьего молока чаще всего используются для производства белковых гидролизатов, предназначенных для включения в состав продуктов энтерального питания. **Цель исследования.** Целью данного исследования была сравнительная оценка физико-химических показателей ферментативных гидролизатов белка молочной сыворотки (ФГКСБ) с различной степенью гидролиза, а также оценка их биологической ценности и эффективности *in vivo* для включения в рецептуры специализированных пищевых продуктов, в том числе энтерального питания. **Объекты и методы исследования.** В работе использовали гидролизат, полученный по разработанной нами ранее схеме (ФГКСБ 1 «Протозим Н»), и три образца промышленных гидролизатов (ФГКСБ 2 «Углич», ФГКСБ 3 «Ярославль», ФГКСБ 4 «Воронеж»). На первом этапе оценивали молекулярно-массовое распределение пептидных фракций, степень гидролиза, кратность снижения антигенности и аминокислотный состав образцов. На втором этапе проводили оценку биологической ценности исследуемых образцов гидролизатов в эксперименте на крысах-самцах линии Вистар. Оценивали потребление корма животными, прирост массы тела, за трое суток проводили обменный опыт в метаболических клетках, рассчитывали коэффициент эффективности белка (КЭБ), истинную усвояемость и биологическую ценность, скорректированную по аминокислотному скору (PDCAAS). **Результаты и обсуждение.** ФГКСБ 1 «Протозим Н» характеризовался средней степенью гидролиза, без явного снижения антигенности, с высоким значением КЭБ, высокой истинной усвояемостью и коэффициентом PDCAAS. **Заключение.** Полученный по разработанной нами схеме ферментативный гидролизат имеет ряд технологических преимуществ по сравнению с промышленными образцами и обладает биологической ценностью, не отличающейся от исходного концентрата сывороточных белков.

Ключевые слова: сыворотка, белок, ферментативный гидролиз, коэффициент эффективности белка, аминокислотный скор, биологическая ценность, крысы, аллергенность, усвояемость

Для цитирования: Сидорова Ю.С., Петров Н.А., Бирюлина Н.А., Зорин С.Н., Соколова Е.Н., Мазо В.К. Сравнительная характеристика ферментативных гидролизатов белков коровьего молока для использования в энтеральном питании. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (2): 51-64. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-51-64>

Благодарности. Авторы выражают признательность главному технологу АО «Молвест» / ПАО Молочный Комбинат Воронежский, доктору технических наук Мельниковой Елене Ивановне и старшему научному сотруднику ВНИИ маслоделия и сыроделия – филиал ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, кандидату биологических наук Абрамову Дмитрию Васильевичу за предоставленные образцы. Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания № FGMF-2025-0011.

Comparative characteristics of enzymatic hydrolysates of cow milk proteins for the use in enteral nutrition

Yu.S. Sidorova¹, N.A. Petrov¹, N.A. Biryulina¹,
S.N. Zorin¹, E.N. Sokolova², V.K. Mazo¹

¹*Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology, and Food Safety;
Moscow, the Russian Federation
✉petrov-nikita-y@mail.ru*

²*All-Russian Research Institute of Food Biotechnology – Branch of the Federal
Research Centre for Nutrition and Biotechnology;
Moscow, the Russian Federation*

Abstract. Introduction. Enteral nutrition is a critical component of treatment for seriously ill patients. It is prescribed to patients with a functioning gastrointestinal tract in situations where regular oral nutrition fails to meet their physiological needs. Due to its high biological value and optimal amino acid composition, cow milk proteins are most often used to produce protein hydrolysates for enteral nutrition products. **The goal of the research** was to comparatively evaluate the physicochemical properties of enzymatic whey protein hydrolysates (EWPBs) with varying degrees of hydrolysis, as well as to assess their biological value and in vivo efficacy for their introduction into specialized food products, including enteral nutrition. **The objectives and methods.** Hydrolysate obtained according to a previously developed protocol (FHWPC 1 “Protozyme N”) and three samples of industrial hydrolysates (FHWPC 2 “Uglich”, FHWPC 3 “Yaroslavl”, and FHWPC 4 “Voronezh”) were used in the research. In the first stage, the molecular weight distribution of peptide fractions, the degree of hydrolysis, the antigenicity reduction factor, and the amino acid composition of the samples were assessed. In the second stage, the biological value of the hydrolysate samples in an experiment on male Wistar rats was assessed. Feed intake and body weight gain was evaluated, a three-day exchange experiment in metabolic cells was conducted, and the protein efficiency ratio (PER), true digestibility, and the biological value adjusted for the amino acid score (PDCAAS) were calculated. **The results and discussion.** FHWPC 1 “Protozyme N” was characterized by a moderate degree of hydrolysis, without a clear reduction in antigenicity, with a high FER value, high intrinsic digestibility, and a PDCAAS coefficient. **Conclusion.** The enzymatic hydrolysate obtained using our developed scheme has a number of technological advantages over commercial samples and possesses a biological value indistinguishable from the original whey protein concentrate.

Keywords: whey, protein, enzymatic hydrolysis, protein efficiency coefficient, amino acid score, biological value, rats, allergenicity, digestibility

For citation: Sidorova Yu.S., Petrov N.A., Biryulina N.A., Zorin S.N., Sokolova E.N., Mazo V.K. Comparative characteristics of enzymatic hydrolysates of cow milk proteins for use in enteral nutrition. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2): 51-64. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-51-64>

Acknowledgments. The authors express their gratitude to Elena Ivanovna Melnikova, Dr Sci. (Eng.), Chief Technologist of JSC Molvest / PJSC Voronezh Dairy Plant, and Dmitry Vasilyevich Abramov, PhD (Biology), Senior Researcher at the All-Russian Research Institute of Butter and Cheese Making, a branch of the V.M. Gorbatov Federal Scientific Centre of Food Systems, the Russian Academy of Sciences, for providing the samples. The research was carried out as part of State Assignment No. FGMF-2025-0011.

Введение. Энтеральное питание является важнейшим компонентом лечения тяжелобольных пациентов, особенно тех, у кого нарушено сознание, наблюдается дисфагия или желудочно-кишечная дисфункция. Адекватное энтеральное питание жизненно важно не только для предотвращения недоедания, но и для снижения риска возникновения инфекций, поддержания иммунной функции и содействия неврологическому восстановлению [1, с. 2; 2, с. 2]. Энтеральное питание назначают пациентам при функционирующем пищеварительном тракте в ситуациях, когда обычный оральный прием пищи не обеспечивает физиологические потребности организма. Рецептуры продуктов энтерального питания часто включают частично или полностью гидролизированные макронутриенты, например, гидролизаты белков, длинноцепочечных углеводов или жирных кислот [3, с. 2].

Благодаря высокой биологической ценности и оптимальному аминокислотному составу сывороточные белки коровьего молока чаще всего используются для производства белковых гидролизатов, предназначенных для специализированного питания [4, с. 1]. Ферментативный гидролиз сывороточных белков улучшает их усвояемость и функциональные свойства, расширяя возможности их применения в пищевой и медицинской промышленности [5, с. 3]. Гидролизаты белка молочной сыворотки характеризуются высокой скоростью гастродуоденального транзита и ускоренной эвакуаторной функцией желудка по сравнению с нативными белками, более эффективным перевариванием пептидов в кишечнике и стимуляцией ферментативной активности тонкого кишечника и активности мотилина, главного регулятора моторной активности желудочно-кишечного тракта в межпищеварительный [3, с. 3]. В исследовании [6, с. 422] отмечено снижение случаев желудочной непереносимости у пациентов, получавших энтеральное питание, в котором белковый компонент был представлен полностью гидролизатом

сывороточных белков по сравнению с группой сравнения, пациенты которой получали энтеральное питание на основе смеси интактных белков молочной сыворотки, казеина, гороха, сои.

Полученные гидролизом пептидные смеси обладают разнообразными биологически активными свойствами, которые находят применение в разработке специализированных продуктов питания и профилактического питания, в том числе для людей с аллергией на белки коровьего молока [7, с. 1]. Помимо этого, в процессе гидролиза высвобождаются биологически активные пептиды, которые обладают широким спектром биологических эффектов, включая антимикробное, противодиабетическое, антиоксидантное и иммуномодулирующее действие [8, с. 3; 9, с. 21302], что, в свою очередь вызывает значительный интерес.

Целью данного исследования была сравнительная оценка физико-химических показателей ферментативных гидролизатов белка молочной сыворотки (ФГКСБ) с различной степенью гидролиза, а также выявление их биологической ценности и эффективности *in vivo* для включения в рецептуры специализированных пищевых продуктов, в том числе энтерального питания.

Объекты и методы исследования.

В работе использовали:

1) Концентрат сывороточных белков (КСБ, ООО «Тагрис», РФ) с содержанием белка 72,3%;

2) ФГКСБ 1 «Протозим Н» – ферментолит КСБ, полученный по разработанной нами схеме, включающей гидролиз КСБ в течение 3-х часов с использованием ферментного препарата Протозим Н в количестве 3% с последующей инактивацией фермента при 75°C в течение 20 минут и последующей лиофилизацией;

3) ФГКСБ 2 «Углич» – ферментолит КСБ, любезно предоставленный ВНИИ маслоделия и сыроделия (ВНИИМС, г. Углич, РФ);

4) ФГКСБ 3 «Ярославль» - ферментолит КСБ (НПО «Пищевые биотехнологии»,

г. Ярославль, РФ), приобретенный в интернет-магазине;

5) ФГКСБ 4 «Воронеж» - ферментолит КСБ, любезно предоставленный ПАО Молочный комбинат «Воронежский» (г. Воронеж, РФ).

Физико-химическая характеристика гидролизатов

Определение степени гидролиза белка

Степень гидролиза белка оценивали по отношению содержания аминного азота в полученном гидролизате к содержанию аминного азота в исходном белке согласно [10, с. 1257] с использованием 2,4,6-тринитробензолсульфоновой кислоты. Вычисление проводят по соотношению разницы содержания аминного азота в полученном гидролизате и исходном КСБ по калибровочной кривой относительно стандартного раствора глицина.

Оценка остаточной антигенности

Остаточную антигенность белков и гидролизатов белков молочной сыворотки определяли непрямым иммуноферментным методом [11, с. 468] с некоторыми модификациями, используя в качестве стандарта и для сенсibilизации 96-луночных плоскодонных планшет КСБ. В качестве нагрузочного белка в фосфатно-солевом буфере использовался гидролизат коллагена курицы (ООО «СОФОС ПРОТЕИН БИОТЕХНОЛОДЖИ», РФ) с содержанием 0,1%.

Определение молекулярно-массового распределения

Распределение пептидных фракций по молекулярным массам в составе образцов гидролизатов определяли посредством эксклюзионной жидкостной хроматографии высокого давления (колонка TSK GEL 2000 SWLx (0,8*30 см), «Тоуо-Сода» Япония) [12, с. 113]. Полученные в ходе анализа хроматограммы интегрировали весовым методом.

Определение аминокислотного состава

Аминокислотный состав определяли согласно ГОСТ 32195-2013 (ISO 13903:2005) «Корма, комбикорма. Метод определения содержания аминокислот». Поскольку неза-

меняемая аминокислота триптофан разрушается при кислотном гидролизе, для оценки ее содержания в образцах применяли ГОСТ 32201-2013 (ISO 13904:2005) «Корма, комбикорма. Метод определения содержания триптофана». Аминокислотный скор вычисляли по отношению содержания незаменимых аминокислот к их содержанию в эталонном белке по ФАО/ВОЗ.

Определение общего азота

Содержание общего азота в образцах КСБ, гидролизатов, корма, а также в фекалиях, собранных в конце эксперимента с животными, определяли по методу Кьельдаля [13, с. 2].

Дизайн эксперимента in vivo

Животных выращивали на базе питомника «Столбовая». Было закуплено 50 крыс-самцов отъемышей стока Wistar. Животных немедленно помещали в карантинную зону на 7 суток для акклиматизации к условиям вивария ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии». По окончании карантина измеряли массу тела животных. Для эксперимента отбирали животных с массой тела не менее 68±2 г. Всего было сформировано пять групп животных, по десять крыс в каждой. Все манипуляции и содержание животных осуществлялись согласно Национальному стандарту РФ ГОСТ Р 53434-2009.

Крыс кормили рационом, приготовленным согласно AIN93 с некоторыми модификациями [14, с. 839S]. В рационе контрольной группы белок представлен КСБ; в рационе группы Г2 белок представлен исключительно ФГКСБ 1 «Протозим Н»; группы Г3 – ФГКСБ 2 «Углич»; Г4 – ФГКСБ 3 «Ярославль»; Г5 – ФГКСБ 4 «Воронеж». Рационы подробно описаны в таблице 1.

Животные имели круглосуточный доступ к корму и воде. Каждый день оценивали количество съеденного корма по разнице между исходной порцией и остатками с учетом влажности корма. Массу тела каждого животного фиксировали один раз в неделю на весах настольных «Масса-К» МК_A11 («Масса-К», РФ). На 15 сутки жи-

вотных помещали в индивидуальные метаболические клетки на трое суток. Измеряли массу экскретированных фекалий для оценки количества потребленного азота. На 18 сутки животных умерщвляли декапитацией под легким эфирным наркозом.

На основе мониторинга прироста животных индивидуально для каждой крысы рассчитывали коэффициент эффективности белка (КЭБ) по отношению прироста массы тела животных за весь период исследования в граммах к количеству потребленного за весь экспериментальный период белка в граммах. Истинную усвояемость белка рассчитывали по стандартной формуле согласно [15, с. 4]. На следующем этапе исследования вычисляли скорректированный аминокислотный скор с учетом усвояемости белка (the protein digestibility-corrected amino acid score, PDCAAS), представляющий собой произведение аминокислотного сора исследуемого белкового образца по шкале ФАО/ВОЗ с истинной усвояемостью [16, с. 3].

Статистический анализ

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета IBM SPSS Statistics 20 (IBM, США). Все физико-химические исследова-

ния проводили в трех повторностях, вычисляли среднее и стандартную ошибку среднего, данные представлены как $M \pm SE$.

В исследовании с экспериментальными животными выборку проверяли на нормальность распределения по критерию Смирнова-Колмогорова (уровень значимости 0,05). При нормальном распределении расчет вели по параметрическому критерию Тьюки. Вычисляли среднее и стандартную ошибку среднего, данные представлены как $M \pm SE$. В обратном случае использовали непараметрический критерий Крускала-Уоллеса. Определяли медиану, 25% и 75% процентиля. Данные представлены как $Me [Q1; Q3]$. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

Физико-химическая характеристика гидролизатов

Исследуемые образцы КСБ и ферментативные гидролизаты ФГКСБ 1, ФГКСБ 2 и ФГКСБ 4 хорошо растворялись в воде. При растворении ФГКСБ 3 уже через 2 минуты отстаивания образовывался осадок.

В таблице 2 представлены результаты определения степени гидролиза и кратности снижения антигенности в исследуемых гидролизатах.

Таблица 1. Состав полусинтетических рационов.

Table 1. Composition of semi-synthetic diets.

Компоненты		Содержание на 100 г корма, г				
		К1	Г2	Г3	Г4	Г5
КСБ (содержание белка 72,3%)		13,9	-	-	-	-
ФГКСБ 1 «Протозим Н» (содержание белка 69,7%)		-	14,4	-	-	-
ФГКСБ 2 «Углич» (содержание белка 74,1%)		-	-	13,5	-	-
ФГКСБ 3 «Ярославль» (содержание белка 73,6%)		-	-	-	13,6	-
ФГКСБ 4 «Воронеж» (содержание белка 71,3%)		-	-	-	-	14,0
Жировая композиция	Подсолнечное масло (г)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Лярд (г)	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Крахмал (г)		68,5	68,0	68,9	68,8	68,4
Минеральная смесь* (г)		4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
ж/р витамины* (мл)		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
в/р витамины* (г)		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Микрокристаллическая целлюлоза		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Холин хлорид		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
L-цистеин		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Калорийность, ккал		397±4	395±4	399±4	398±4	397±4

Примечание: * - согласно АИН-93 [14, с.839S]

Таблица 2. Основные физико-химические показатели качества исследуемых гидролизатов

Table 2. Main physical and chemical quality indicators of the studied hydrolysates

Показатель	ФГКСБ 1 «Протозим Н»	ФГКСБ 2 «Углич»	ФГКСБ 3 «Ярославль»	ФГКСБ 4 «Воронеж»
Степень гидролиза, %	10,2±0,2	21,4±0,1*	16,3±24,0*. [#]	24,0±0,3*. ^{\$}
Кратность снижения антигенности	110±9	407±36*	1150±70*. [#]	3300±40*. ^{#, \$}

Примечание: различия статистически значимы по сравнению с: * – ФГКСБ 2 «Углич»,

[#] – ФГКСБ 3 «Ярославль», ^{\$} – ФГКСБ 4 «Воронеж», $p < 0,05$

Согласно полученным данным, ФГКСБ 1 «Протозим Н» обладал самой низкой степенью гидролиза и кратностью снижения антигенности, различия статистически значимы по сравнению с другими образцами ФГКСБ. ФГКСБ 2 «Углич» и ФГКСБ 4 «Воронеж» характеризовались более высокой степенью гидролиза, более 20%. При этом кратность снижения антигенности ФГКСБ 4 была статистически значима почти в три раза и выше по сравнению с остальными гидролизатами.

Крупные молекулы белка в молоке могут вызывать расстройство пищеварения или аллергические реакции [17, с. 4]. В частности, β -лактоглобулин, содержащийся в молоке, часто вызывает наиболее распространенные и тяжелые немедленные аллергические реакции [18, с. 2].

В работе [19, с. 21] исследовали реакцию детей, госпитализированных с различными диагнозами (за исключением аллергии на белки коровьего молока), на энтеральное питание на основе гидролизатов белка. Отмечено, что у детей, получавших такие смеси реже, наблюдались признаки непереносимости пищи, такие как рвота, повышенный объем желудочного содержимого, диарея, в отличие от стандартного питания.

В нашем исследовании показано, что с увеличением степени гидролиза увеличивается кратность снижения антигенности, со-

ответственно использование гидролизатов со сниженной антигенностью может быть предпочтительнее в составе специализированных продуктов для питания детей.

В таблице 3 представлены результаты оценки распределения диапазонов молекулярных масс пептидных фракций в составе исследуемых ФГКСБ.

ФГКСБ 1 «Протозим Н» характеризовался низкой долей пептидов с молекулярной массой менее 6,4 кДа, что соотносится с показателем степени гидролиза, в то время как в других гидролизатах доля пептидных фракций составляет более 70% независимо от степени гидролиза. При этом ФГКСБ 4 «Воронеж» не содержал крупных пептидных фракций с молекулярной массой выше 56,6 кДа, при этом степень снижения кратности антигенности у него была наивысшей.

Сравнительная характеристика аминокислотного состава КСБ и исследуемых ферментализованных КСБ представлена в таблице 4.

Анализ аминокислотного состава КСБ и исследуемых ФГКСБ 1 «Протозим Н» и ФГКСБ 3 «Ярославль» свидетельствует об их высокой биологической ценности, так как лимитирующие аминокислоты в их составе отсутствуют. ФГКСБ 2 «Углич» и ФГКСБ 4 «Воронеж» лимитированы по сумме ароматических аминокислот, аминокислотный скор для которых составил 98% и 85% соответственно.

Таблица 3. Распределение диапазонов молекулярных масс пептидных фракций
Table 3. Distribution of molecular weight ranges of peptide fractions

Диапазон молекулярных масс, кДа	Распределение пептидных фракций в составе гидролизата, %			
	ФГКСБ 1 «Протозим Н»	ФГКСБ 2 «Углич»	ФГКСБ 3 «Ярославль»	ФГКСБ 4 «Воронеж»
>56,6	5,4±0,5	0,9±0,1	1,4±0,1	0
56,5-6,4	46,0±0,5	25,6±0,3	24,8±0,2	27,1±0,3
<6,4	48,6±0,5	73,5±0,7	73,8±0,7	72,9±0,7

Таблица 4. Аминокислотный состав и скор КСБ и исследуемых ФГКСБ
Table 4. Amino acid composition and score of WPC and the studied FHWPC

Незаменимые аминокислоты	Аминокислотная шкала «идеального» белка (FAO/ВОЗ 2007)	Содержание аминокислот (г/100 г белка) и аминокислотный скор									
		КСБ		ФГКСБ 1 «Протозим Н»		ФГКСБ 2 «Углич»		ФГКСБ 3 «Ярославль»		ФГКСБ 4 «Воронеж»	
		А	С	А	С	А	С	А	С	А	С
Изолейцин	3,0	8,2	273	7,8	261	8,2	273	7,85	261	8,8	292
Лейцин	5,9	11,8	200	11,6	197	9,0	153	11,8	200	11,2	190
Лизин	4,5	11,5	255	11,4	253	8,0	177	11,4	254	9,7	215
Метионин + цистин	2,2	3,0	135	2,9	131	2,4	110	2,9	130	2,4	111
Фенилаланин + тирозин	3,8	3,9	104	3,9	103	3,7	98	4,0	104	3,2	85
Треонин	2,3	5,3	230	5,3	229	3,7	163	4,2	183	5,0	218
Триптофан	0,6	2,3	388	2,3	387	2,16	360	1,9	322	2,1	349
Валин	3,9	8,4	215	8,2	209	4,3	111	8,0	205	7,5	192

Примечание: А – содержание аминокислоты, г/100 г белка; С – аминокислотный скор, % относительно «идеального» белка (FAO/ВОЗ).

Результаты эксперимента in vivo

Содержание белка в рационах в рационах животных всех групп, определенное по методу Кьельдаля, составило $10,0 \pm 0,3\%$.

На рисунке 1 представлены графические данные по среднему потреблению корма крысами в сутки и динамика прироста массы тела животных за весь эксперимент.

Потребление животными ферментативного гидролизата ФГКСБ 1 «Протозим Н»

приводило к снижению аппетита (на уровне тенденции, $p=0,06$), соответственно к концу эксперимента (на 15 сутки) у них наблюдалось статистически значимое отставание в приросте массы тела. К концу эксперимента у животных, получавших ФГКСБ 2 «Углич», также наблюдалось статистически значимое отставание в приросте массы тела по сравнению с контролем независимо от потребления корма.

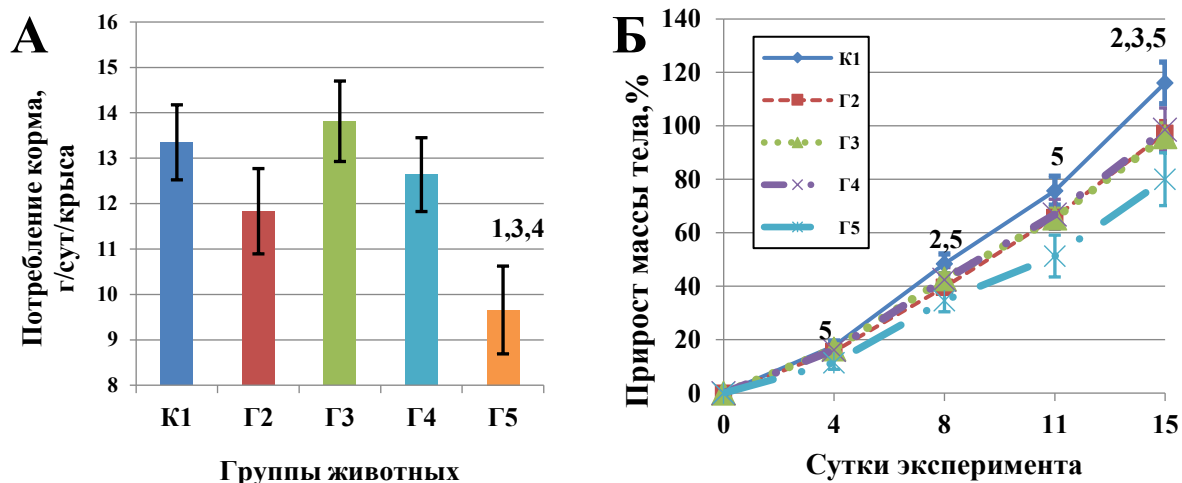


Рис. 1. Среднее суточное потребление корма, г/сут/крыса (А) и прирост массы тела, % (Б) животных

Fig. 1. Average daily feed consumption, g/day/rat (A), and body weight gain, % (B) of the animals
Примечания: различия статистически значимы по сравнению с: 1 – K1, 2 – G2, 3 – G3, 4 – G4, 5 – G5

Потребление ФГКСБ 4 «Воронеж» крысами группы Г5 было статистически значимо меньше по сравнению с контрольной группой, что приводило к отставанию в приросте массы тела, начиная с четвертых суток эксперимента.

Результаты определения КЭБ графически представлены на рисунке 2.

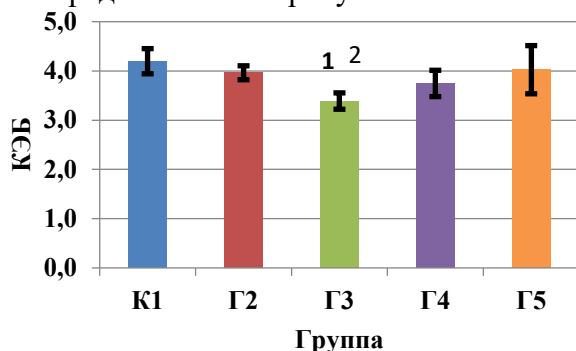


Рис. 2. Коэффициент эффективности белка

Fig. 2. Protein efficiency ratio

Примечания: 1 – различия статистически значимы по сравнению с K1, 2 – различия статистически значимы по сравнению с G2.

Статистически значимо от контрольной группы отличался КЭБ только для животных группы Г3 (на 20%), получавших в качестве основного источника белка ФГКСБ 2 «Углич», что соотносится с результатами определения потребляемости корма и прироста массы тела.

На рисунке 3 показаны результаты определения истинной усвояемости и PDCAAS.

Различий в истинной усвояемости выявлено не было. Биологическая ценность ФГКСБ 4 «Воронеж», рассчитанная с использованием PDCAAS, составила $81,6 \pm 0,3\%$, а для ФГКСБ 2 «Углич» $93,5 \pm 0,4\%$. Биологическая ценность ФГКСБ 1 «Протозим Н» и ФГКСБ 2 «Ярославль», рассчитанная с использованием PDCAAS, достоверно не отличалась от значения, полученного для КСБ.

В работе [20, с. 6] на модели клеток Сасо-2 было показано, что гидролизат сывороточных белков усваивается в два раза эффективнее по сравнению с исходным белком. В *in vitro* исследовании [21, с. 3125] гидролизаты

растительных белков, полученные гидролизом различными протеазами, обладали большей усвояемостью по сравнению с нативными белками. Полученные в нашей работе данные согласуются с *in vivo* исследованием [22, с. 3] с использованием крыс-самцов Sprague Dawley, в котором было также показано, что коэффициенты PDCAAS и DIAAS (digestible indispensable amino acid score) значительно не отличаются между гидролизатом и нативным сывороточным белком (0,92 и 1,00 для PDCAAS и 1,25 и 1,45 для DIAAS соответственно). В эксперименте [23, с. 58] на крысах-отъемышах линии Вистар было показано, что ферментативные гидролизаты сывороточных белков и казеина оказывают влияние на степень усвоения белка, прирост массы тела животных, и аминокислотный профиль сыворотки крови эквивалентен нативным белкам, подтверждая, что процесс гидролиза не влияет на аминокислотный состав и биологическую ценность белковых гидролизатов. В другом *in vivo* исследовании с использованием 32 петухов породы Белый Леггорн [24, с. 5] усвояемость незаменимых аминокислот в составе корма, где белковый компонент был полностью заменен на гидролизат куриного мяса, составляла более 80% и статистически не отличалась от усвояемости аминокислот в составе стандартного рациона. Согласно данным, представленным в работе [25, с. 1003], включение в рацион гидролизатов молочных белков не оказывает значимого влияния на состояние внутренних органов и активность протеолитических ферментов в организме.

Таким образом, на основании данных литературы и проведенных нами исследований, можно заключить, что гидролизаты белков являются оптимальным компонентом продуктов для энтерального питания, поскольку они сохраняют биологическую ценность на уровне нативного белка, имеют более высокую усвояемость, сниженную аллергенность, а также могут проявлять дополнительную биологическую эффективность благодаря наличию биологически активных пептидов в составе.

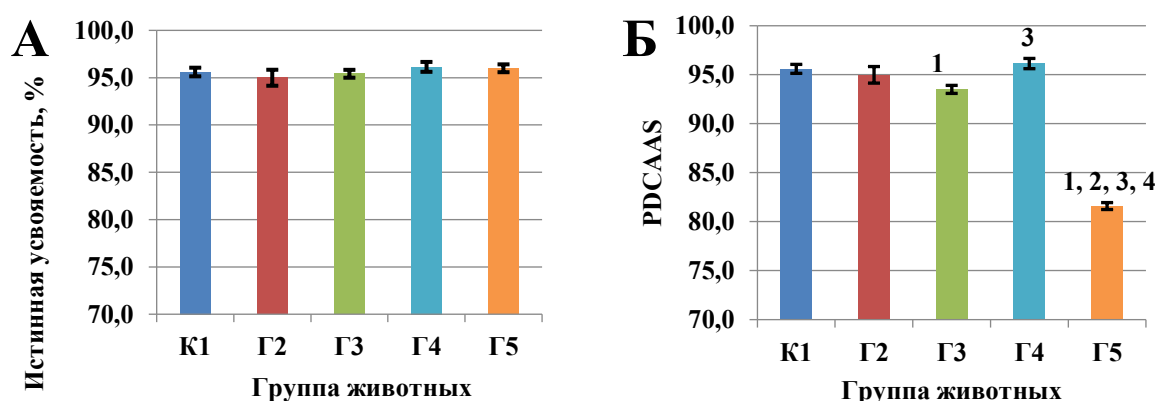


Рис. 3. Результаты определения истинной усвояемости (А) и PDCAAS (Б)

Fig. 3. The results of true digestibility determination (A) and PDCAAS (B)

Примечание: 1, 2, 3, 4 – статистически значимое отличие ($p < 0,05$) от показателя животных группы 1, 2, 3, 4.

Закключение. Соответственно, полученные результаты свидетельствуют о том, что биологическая ценность всех ферментативных гидролизатов КСБ, независимо от степени гидролиза, остается на высоком уровне – более 80%. При глубоком гидролизе лимитируют ароматические аминокислоты, что приводит к снижению биологической ценности. При этом гидролизат с высокой степенью гидролиза обладал сниженной антигенностью, что открывает перспективы его использования в составе специализированной пищевой продукции, в том числе гипоаллергенных. Ферментативный гидролизат, полученный по разработанной нами схеме, имеет ряд преимуществ и может быть успешно использован при разработке рецептур специализированных пищевых продуктов для энтерального питания в качестве единственного источника белка.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Improving enteral nutrition in patients requiring neurological intensive care unit care: A retrospective study on a novel bedside nasointestinal tube placement technique / Niuchenglin [et al.] // Nutrition in Clinical Practice. 2026. Vol. 2026. DOI: 10.1002/ncp.70106.
2. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit / Singer P. [et al.] // Clin Nutr. 2019. Vol. 38, No. 1. P. 48-79. DOI:10.1016/j.clnu.2018.08.037.
3. Semi-Elemental and Elemental Formulas for Enteral Nutrition in Infants and Children with Medical Complexity-Thinking about Cow's Milk Allergy and Beyond / Verduci E. [et al.] // Nutrients. 2021. Vol. 13, No. 12. P. 4230. DOI: 10.3390/nu1312423.
4. Milk Whey Hydrolysates as High Value-Added Natural Polymers: Functional Properties and Applications / León-López A. [et al.] // Polymers (Basel). 2022. Vol. 14, No. 6. P. 1258. DOI: 10.3390/polym14061258.
5. Enzymes for production of whey protein hydrolysates and other value-added products / Irazoqui J.M. [et al.] // Appl Microbiol Biotechnol. 2024. Vol. 108, No. 1. P. 354. DOI: 10.1007/s00253-024-13117-2.
6. A new high protein-to-energy enteral formula with a whey protein hydrolysate to achieve protein targets in critically ill patients: a prospective observational tolerability study // Tedeschi-Jockers F. [et al.] // Eur J Clin Nutr. 2022. Vol. 76, No. 3. P. 419-427. DOI: 10.1038/s41430-021-00956-9.

7. Peptide profiles and allergy-reactivity of extensive hydrolysates of milk protein / Cui Q [et al.] // Food Chem. 2023. Vol. 411. P. 135544. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135544.
8. Whey Protein Enzymatic Breakdown: Synthesis, Analysis, and Discovery of New Biologically Active Peptides in Papain-Derived Hydrolysates / Czelej M. [et al.] // Molecules. 2025. Vol. 30, No. 7. P. 1451. DOI: 10.3390/molecules30071451.
9. Glucose Management, and Muscle Protein Synthesis Properties of Fish Protein Hydrolysates and Peptides / Shekoohi N. [et al.] // J Agric Food Chem. 2024. Vol. 72, No. 39. P. 21301-21317. DOI: 10.1021/acs.jafc.4c02920.
10. Adler-Nissen J. Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolysates by trinitrobenzenesulfonic acid // J Agric Food Chem. 1979. Vol. 27, No. 6. P. 1256-1262. DOI: 10.1021/jf60226a042.
11. Гидролизаты белков кобыльего молока. Иммунохимическая и физико-химическая характеристика / Семенова Е.С. [и др.] // Пищевые системы. 2024. Т. 7, № 3. С. 466-472. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-3-466-472.
12. Модифицированный метод получения фикоцианинового концентрата биомассы *Arthrospira platensis* / Бирюлина Н.А. [и др.] // Вопросы питания. 2023. Т. 92, № 5. С. 110-116. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-5-110-116.
13. *In vitro* study of antifungal effects of earthworm coelomic fluid obtained from *Eisenia fetida* on three opportunistic fungal pathogens / Sanaiirad S. [et al.] // Curr Med Mycol. 2025. Vol. 11. P. 1637. DOI: 10.22034/cmm.2025.345248.1637.
14. Reeves P.G. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet // J Nutr. 1997. Vol. 127, No. 5. P. 838S-841S. DOI: 10.1093/jn/127.5.838S.
15. Quantification of total endogenous nitrogen losses in broilers using a minimally invasive ¹⁵N-isotope dilution method / Habibi M.F. [et al.] // Animal. 2026. Vol. 20, No. 3. P. 101768. DOI: 10.1016/j.animal.2026.101768.
16. Genotypic influence on soybean protein quality: Linking molecular structure, functional properties, and nutritional quality through principal component and correlation analyses / Poddar S. [et al.] // Food Res Int. 2026. Vol. 232. P. 118869. DOI: 10.1016/j.foodres.2026.118869.
17. Cow's Milk Protein Allergy, a Systematic Review of Clinical Characteristics, Diagnosis, Management, and Economic Impact / Menco Contreras F. [et al.] // Diseases. 2026. Vol. 14, No. 4. P. 146. DOI: 10.3390/diseases14040146.
18. Myricetin suppresses whey protein allergenicity: *In vitro* and *in vivo* study / Yang W. [et al.] // Food Chem (Oxf). 2026. Vol. 12. P. 100380. DOI: 10.1016/j.fochms.2026.100380.
19. The use of extensively hydrolysed and amino acid feeds beyond cow's milk allergy: a national survey / Meyer R. [et al.] // J Hum Nutr Diet. 2021. Vol. 34, No. 1. P. 13-23. DOI: 10.1111/jhn.12794.
20. Characteristics and Absorption Rate of Whey Protein Hydrolysates Prepared Using Flavourzyme after Treatment with Alcalase and Protamex / Chang Y.B. [et al.] // Molecules. 2023. Vol. 28, No. 24. P. 7969. DOI: 10.3390/molecules28247969.
21. Nutritional, biological, and structural properties of bioactive peptides from bellflower, Persian-willow, and bitter-orange pollens. / Sarabandi K. [et al.] // J Food Sci. 2023. Vol. 88, No. 7. P. 3119-3133. DOI: 10.1111/1750-3841.16658.
22. Egg White Hydrolysate Retains the Nutritional Value of Proteins and Is Quickly Absorbed in Rats / Matsuoka R. [et al.] // Scientific World Journal. 2019. Vol. 2019. P. 5475302. DOI: 10.1155/2019/5475302.
23. Serum amino acid concentrations in growing rats fed intact protein versus enzymatic protein hydrolysate-based diets / Baró L. [et al.] // Biol Neonate. 1995. Vol. 68, No. 1. P. 55-61. DOI: 10.1159/000244218.
24. Standardized amino acid digestibility and protein quality in extruded canine diets containing hydrolyzed protein using a precision-fed rooster assay / Hsu C. [et al.] // J Anim Sci. 2023. Vol. 101. P. skad289. DOI: 10.1093/jas/skad289.
25. Comparison of digestibility and quality of intact proteins with their respective hydrolysates / Potier M. [et al.] // J AOAC Int. 2008. Vol. 91, No. 4. P. 1002-1005. PMID: 18727562.

REFERENCES

1. Improving enteral nutrition in patients requiring neurological intensive care unit care: A retrospective study on a novel bedside nasointestinal tube placement technique / Niuchenglin [et al.] // *Nutrition in Clinical Practice*. 2026. Vol. 2026. DOI: 10.1002/ncp.70106.
2. ESPEN guideline on clinical nutrition in the intensive care unit / Singer P. [et al.] // *Clin Nutr*. 2019. Vol. 38, No. 1. P. 48-79. DOI:10.1016/j.clnu.2018.08.037.
3. Semi-Elemental and Elemental Formulas for Enteral Nutrition in Infants and Children with Medical Complexity-Thinking about Cow's Milk Allergy and Beyond / Verduci E. [et al.] // *Nutrients*. 2021. Vol. 13, No. 12. P. 4230. DOI: 10.3390/nu1312423.
4. Milk Whey Hydrolysates as High Value-Added Natural Polymers: Functional Properties and Applications / León-López A. [et al.] // *Polymers (Basel)*. 2022. Vol. 14, No. 6. P. 1258. DOI: 10.3390/polym14061258.
5. Enzymes for production of whey protein hydrolysates and other value-added products / Irazoqui J.M. [et al.] // *Appl Microbiol Biotechnol*. 2024. Vol. 108, No. 1. P. 354. DOI: 10.1007/s00253-024-13117-2.
6. A new high protein-to-energy enteral formula with a whey protein hydrolysate to achieve protein targets in critically ill patients: a prospective observational tolerability study // Tedeschi-Jockers F. [et al.] // *Eur J Clin Nutr*. 2022. Vol. 76, No. 3. P. 419-427. DOI: 10.1038/s41430-021-00956-9.
7. Peptide profiles and allergy-reactivity of extensive hydrolysates of milk protein / Cui Q [et al.] // *Food Chem*. 2023. Vol. 411. P. 135544. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.135544.
8. Whey Protein Enzymatic Breakdown: Synthesis, Analysis, and Discovery of New Biologically Active Peptides in Papain-Derived Hydrolysates / Czelej M. [et al.] // *Molecules*. 2025. Vol. 30, No. 7. P. 1451. DOI: 10.3390/molecules30071451.
9. Glucose Management, and Muscle Protein Synthesis Properties of Fish Protein Hydrolysates and Peptides / Shekoohi N. [et al.] // *J Agric Food Chem*. 2024. Vol. 72, No. 39. P. 21301-21317. DOI: 10.1021/acs.jafc.4c02920.
10. Adler-Nissen J. Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolysates by trinitrobenzenesulfonic acid // *J Agric Food Chem*. 1979. Vol. 27, No. 6. P. 1256-1262. DOI: 10.1021/jf60226a042.
11. Hydrolysates of mare milk proteins. Immunochemical and physicochemical characteristics / Semenova E.S. [et al.] // *Food systems*. 2024. Vol. 7, No. 3. P. 466-472. DOI: 10.21323/2618-9771-2024-7-3-466-472. [In Russ.]
12. Modified method for obtaining phycocyanin concentrate of *Arthrospira platensis* biomass / Biryulina N.A. [et al.] // *Nutrition issues*. 2023. Vol. 92, No. 5. P. 110-116. DOI: 10.33029/0042-8833-2023-92-5-110-116. [In Russ.]
13. *In vitro* study of antifungal effects of earthworm coelomic fluid obtained from *Eisenia fetida* on three opportunistic fungal pathogens / Sanaiirad S. [et al.] // *Curr Med Mycol*. 2025. Vol. 11. P. 1637. DOI: 10.22034/cmm.2025.345248.1637.
14. Reeves P.G. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet // *J Nutr*. 1997. Vol. 127, No. 5. P. 838S-841S. DOI: 10.1093/jn/127.5.838S.
15. Quantification of total endogenous nitrogen losses in broilers using a minimally invasive ¹⁵N-isotope dilution method / Habibi M.F. [et al.] // *Animal*. 2026. Vol. 20, No. 3. P. 101768. DOI: 10.1016/j.animal.2026.101768.
16. Genotypic influence on soybean protein quality: Linking molecular structure, functional properties, and nutritional quality through principal component and correlation analyses / Poddar S. [et al.] // *Food Res Int*. 2026. Vol. 232. P. 118869. DOI: 10.1016/j.foodres.2026.118869.
17. Cow's Milk Protein Allergy, a Systematic Review of Clinical Characteristics, Diagnosis, Management, and Economic Impact / Menco Contreras F. [et al.] // *Diseases*. 2026. Vol. 14, No. 4. P. 146. DOI: 10.3390/diseases14040146.
18. Myricetin suppresses whey protein allergenicity: *In vitro* and *in vivo* study / Yang W. [et al.] // *Food Chem (Oxf)*. 2026. Vol. 12. P. 100380. DOI: 10.1016/j.fochms.2026.100380.
19. The use of extensively hydrolysed and amino acid feeds beyond cow's milk allergy: a national survey / Meyer R. [et al.] // *J Hum Nutr Diet*. 2021. Vol. 34, No. 1. P. 13-23. DOI: 10.1111/jhn.12794.

20. Characteristics and Absorption Rate of Whey Protein Hydrolysates Prepared Using Flavourzyme after Treatment with Alcalase and Protamex / Chang Y.B. [et al.] // *Molecules*. 2023. Vol. 28, No. 24. P. 7969. DOI: 10.3390/molecules28247969.
21. Nutritional, biological, and structural properties of bioactive peptides from bellflower, Persian-willow, and bitter-orange pollens. / Sarabandi K. [et al.] // *J Food Sci*. 2023. Vol. 88, No. 7. P. 3119-3133. DOI: 10.1111/1750-3841.16658.
22. Egg White Hydrolysate Retains the Nutritional Value of Proteins and Is Quickly Absorbed in Rats / Matsuoka R. [et al.] // *Scientific World Journal*. 2019. Vol. 2019. P. 5475302. DOI: 10.1155/2019/5475302.
23. Serum amino acid concentrations in growing rats fed intact protein versus enzymatic protein hydrolysate-based diets / Baró L. [et al.] // *Biol Neonate*. 1995. Vol. 68, No. 1. P. 55-61. DOI: 10.1159/000244218.
24. Standardized amino acid digestibility and protein quality in extruded canine diets containing hydrolyzed protein using a precision-fed rooster assay / Hsu C. [et al.] // *J Anim Sci*. 2023. Vol. 101. P. skad289. DOI: 10.1093/jas/skad289.
25. Comparison of digestibility and quality of intact proteins with their respective hydrolysates / Potier M. [et al.] // *J AOAC Int*. 2008. Vol. 91, No. 4. P. 1002-1005. PMID: 18727562.

Информация об авторах / Information about the authors

Сидорова Юлия Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, 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/0000-0002-2168-2659>, e-mail: sidorovaulia28@mail.ru

Петров Никита Александрович (*корреспондирующий автор*), кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, 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/0000-0001-9755-6002>, e-mail: petrov-nikita-y@mail.ru

Бирюлина Надежда Александровна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, 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/0000-0002-4143-9066>, e-mail: biryulina_nadezhda@mail.ru

Зорин Сергей Николаевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, 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/0000-0003-2689-6098>, e-mail: zorin@ion.ru

Соколова Елена Николаевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела биотехнологии ферментов, дрожжей, органических кислот и биологически активных добавок, Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой

биотехнологии; 111033, Российская Федерация, г. Москва, ул. Самокатная, д. 4Б. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6084-7786>, e-mail: elenaniksokolova@inbox.ru

Мазо Владимир Кимович, доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, 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/0000-0002-3237-7967>, e-mail: mazo@ion.ru

Yuliya S. Sidorova, PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14. Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2168-2659>, e-mail: sidorovaulia28@mail.ru

Nikita A. Petrov (*corresponding author*), PhD (Biology), Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14 Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9755-6002>, e-mail: petrov-nikita-y@mail.ru

Nadezhda A. Biryulina, PhD (Biology), Junior Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14. Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4143-9066>, e-mail: biryulina_nadezhda@mail.ru

Sergey N. Zorin, PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14. Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2689-6098>, e-mail: zorin@ion.ru

Elena N. Sokolova, PhD (Biology), Leading Researcher, Department of Biotechnology of Enzymes, Yeast, Organic Acids, and Biologically Active Additives, All-Russian Research Institute of Food Biotechnology; 111033, the Russian Federation, Moscow, 4B Samokatnaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6084-7786>, e-mail: elenaniksokolova@inbox.ru

Vladimir K. Mazo, Dr Sci. (Biology), Professor, Leading Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Centre for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14. Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3237-7967>, e-mail: mazo@ion.ru

Заявленный вклад авторов

Сидорова Юлия Сергеевна, Петров Никита Александрович, Бирюлина Надежда Александровна, Зорин Сергей Николаевич, Соколова Елена Николаевна – проведение эксперимента.

Сидорова Юлия Сергеевна, Петров Никита Александрович – подбор литературных источников.

Петров Никита Александрович – оформление статьи по требованиям журнала.

Сидорова Юлия Сергеевна, Петров Никита Александрович, Бирюлина Надежда Александровна – разработка методики исследования, валидация данных.

Мазо Владимир Кимович – редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Claimed contribution of the authors

Yulia S. Sidorova, Nikita A. Petrov, Nadezhda A. Biryulina, Sergey N. Zorin, Elena N. Sokolova – conducting the experiment.

Yulia S. Sidorova, Nikita A. Petrov – selection of literary sources.

Nikita A. Petrov – design of the article according to the requirements of the Journal.

Yulia S. Sidorova, Nikita A. Petrov, Nadezhda A. Biryulina – development of research methodology, data validation.

Vladimir K. Mazo – editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Поступила в редакцию 30.04.2026

Поступила после рецензирования 28.05.2026

Принята к публикации 29.05.2026

Received 30.04.2026

Revised 28.05.2026

Accepted 29.05.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-65-78>

УДК 664.681.004.12



Разработка и оценка качества безглютенового песочного печенья из новых мучных композитов

З.Н. Хатко, С.Т. Беретарь✉, Д.С. Мамухова, С.Н. Едыгова

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

Аннотация. Введение. Рассмотрена возможность применения кукурузной и рисовой муки в технологии производства песочного печенья с добавлением пектиновых веществ. **Цель исследования.** Разработка и оценка качества безглютенового песочного печенья из мучных композитов. **Объекты и методы исследования.** Объектами исследования являлись кукурузная желтая и рисовая мука, сироп из топинамбура, пектиновые вещества, песочное печенье (опытные образцы). Для определения качества ингредиентов, полуфабрикатов и готовых продуктов применяли современные методы анализа, которые позволили выявить пищевую и биологическую ценность, а также органолептические характеристики исследуемых образцов. Выпечка осуществлялась на базе ФГБОУ ВО «МГТУ» в лаборатории кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания факультета аграрных технологий. Опытные образцы прошли лабораторные исследования в аккредитованном испытательном центре. Официальное подтверждение качества продукции зафиксировано в протоколе испытаний, выданном ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Адыгея», подведомственном Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Результаты и обсуждение.** Разработана рецептура и проведена оценка качества безглютенового песочного печенья на основе кукурузной желтой муки и рисовой, с добавлением сиропа из топинамбура, заменившего сахар, и пектиновых веществ. Разработаны варианты: 100% – кукурузной желтой муки – вариант 1, 50% – кукурузной желтой муки и 50% рисовой муки – вариант 2 и 100% рисовой муки – вариант 3, контроль – пшеничная хлебопекарная мука высшего сорта. Результаты анализа состава пищевой ценности разработанных вариантов показывают заметные различия по сравнению с контрольным образцом. **Заключение.** Экспериментальные образцы демонстрируют лучшую намокаемость и высокие органолептические показатели по сравнению с контрольным образцом – это свидетельствует о положительном влиянии рецептурных изменений.

Ключевые слова: пшеничная хлебопекарная мука, кукурузная желтая и рисовая мука, сироп из топинамбура, песочное печенье, яблочный и цитрусовый пектин, глютен

Для цитирования: Хатко З.Н., Беретарь С.Т., Мамухова Д.С., Едыгова С.Н. Разработка и оценка качества безглютенового песочного печенья из новых мучных композитов. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (2): 65-78. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-65-78>

Development and quality evaluation of gluten-free shortbread cookies made from new flour composites

Z.N. Khatko, S.T. Beretar✉, D.S. Mamukhova, S.N. Edygova

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

Abstract. Introduction. The potential use of corn and rice flour in the production of shortbread cookies with added pectin were examined. **The goal of the research** was development and quality assessment of gluten-free shortbread cookies made from flour composites. **The objects and methods of the research** included yellow corn flour, rice flour, Jerusalem artichoke syrup, pectin, and shortbread cookies (pilot samples). Modern analytical methods were used to determine the quality of the ingredients, semi-finished products, and finished products. These methods allowed us to identify the nutritional and biological value, as well as the organoleptic characteristics of the samples. Baking was carried out at Maikop State Technical University, in the laboratory of the Department of Food Technology and Catering, Faculty of Agricultural Technologies. The pilot samples underwent laboratory testing at an accredited testing Centre. Official confirmation of product quality is documented in a test report issued by the Centre for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Adygea, subordinate to the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing. **The results and discussion.** A recipe was developed and the quality of gluten-free shortbread cookies was evaluated using yellow corn flour and rice flour, with the addition of Jerusalem artichoke syrup, which replaced sugar and pectin. The following variants were developed: 100% yellow corn flour (variant 1), 50% yellow corn flour and 50% rice flour (variant 2), and 100% rice flour (variant 3). The control sample was premium wheat flour. Nutritional analysis of the developed variants revealed significant differences compared to the control sample. **Conclusion.** The experimental samples demonstrated improved wettability and high organoleptic properties compared to the control sample, indicating the positive impact of the recipe changes.

Keywords: wheat flour, yellow corn and rice flour, Jerusalem artichoke syrup, shortbread cookies, apple and citrus pectin, gluten

For citation: Khatko Z.N., Beretar S.T., Mamukhova D.S., Edygova S.N. Development and quality evaluation of gluten-free shortbread cookies made from new flour composites. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2): 65-78. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-65-78>

Введение. Растущий интерес к здоровому питанию и увеличение распространенности непереносимости глютена (целиакия) привели к повышенному спросу на безглютеновые продукты. В мире примерно 2...3% населения страдает этим заболеванием. Для таких людей разрабатываются технологии различных видов безглютеновых мучных композитных смесей для получения на их основе широкого ассортимента изделий, не содержащих глютен.

Использование мучных композитов открывает возможности для создания продуктов с длительным сроком хранения, экологичными упаковками и низким углеродным следом – идеальный выбор для тех,

кто ценит вкус, качество и заботится об окружающей среде. При разработке новых видов продукции необходимо учитывать запросы категории населения с диагностированной непереносимостью глютена или аллергическими реакциями на белки злаковых культур [1-2].

Мучные композиты – это смеси различных видов муки для достижения определенных свойств полуфабриката и готовых изделий. Ключевое преимущество таких композитов – снижение калорийности за счёт замены части муки на клетчатку из цельнозерновых культур и пшеничных отрубей. Это не только улучшает пищевую ценность, но и делает изделие более сыт-

ным, что особенно актуально для завтраков или перекусов. Такое тесто отлично держит форму при выпечке, не растекается и не теряет текстуры. При этом сохраняется насыщенный аромат сливочного масла и нотка ванили – без необходимости в избыточном количестве сахара. Благодаря технологии упаковки с контролем влажности, печенье остаётся хрустящим на ощупь и не подвержено плесени даже в условиях повышенной влажности [3].

Вопросы разработки безглютеновых мучных кондитерских изделий с использованием нетрадиционных видов сырья и оптимизации их рецептур находят отражение в работах как зарубежных, так и отечественных исследователей.

Gülçin Altındağ и др. было изучено сочетание гречневой муки с рисовой и кукурузной мукой в различных количествах в рецептурах печенья без глютена и влияние транскглутаминазы на качество печенья. Оценка химического состава, коэффициента растекаемости, цвета и текстурных характеристик (твердости и способности к разрушению) показала, что соотношение видов муки значительно влияет на содержание белка, клетчатки, золы и витаминов группы В. Добавление транскглутаминазы увеличивало влажность, растекаемость и трещиностойкость, но снижало твердость изделий [4].

Brites Lara и др. получен оптимизированный состав безглютенового печенья с использованием альтернативных видов муки. Исследовалось влияние различных концентраций просяной муки и семян чиа на основе гречневой муки в сравнении с контрольным образцом из пшеничной муки. Анализ поверхности отклика показал, что увеличение доли просяной муки ведет к снижению высоты, росту диаметра и твердости печенья, тогда как семена чиа до 10 процентов существенно не влияли на параметры. Оптимальным признан состав с 7,5 процента семян чиа, 40 процентами просяной муки и 52,5 процента гречневой муки, показавший характеристики, близкие к контрольному образцу из пшеничной муки [5].

Санжаровской Н.С. и др. обоснована целесообразность производства мучных кондитерских изделий специального назначения. Были изучены свойства безглютеновых мучных смесей и определение возможности их использования в производстве песочного печенья для людей с целиакией. Был также проведен сравнительный анализ биологической ценности белка, и технологических и функциональных параметров качества рисовой, кукурузной, нутовой муки и муки из зеленой гречки [6].

Проведенные Санжаровской Н.С. и др. исследования аминокислотного состава подтвердили высокое содержание незаменимых аминокислот в разработанных смесях. Была доказана возможность полной замены пшеничной муки высшего сорта на безглютеновые виды сырья в рецептуре песочного печенья с достижением сбалансированных сенсорных характеристик. Основным преимуществом данной работы было создание специализированной пищевой продукции, предназначенной для включения в рацион питания людей, больных целиакией. Представленные ее исследования подтверждают актуальность разработки безглютеновых мучных кондитерских изделий и демонстрируют перспективность использования композиций из различных видов муки для получения продукции с высокими показателями качества и пищевой ценности. Цель таких композитов – улучшить питательные свойства печенья, сделать его более полезным, или придать ему новые вкусовые и текстурные качества.

При разработке новых видов безглютеновых мучных кондитерских изделий необходимо учитывать особенности структуры и физико-химических свойств альтернативных муке – вместо пшеничной используются крахмалы, порошки из растений (рисовая, кукурузная, соевая, гречневая, овсяная, кокосовая, амарантовая) и белковые компоненты (например, арахисовая, миндальная, гороховая, соевая мука). Эти ингредиенты не образуют клейковины, поэтому для воссоздания эластичности и

удержания влаги требуется использование загустителей. Важно учитывать, что разные виды муки по-разному ведут себя при обжаривании, выпечке и хранении – например, рисовая мука склонна к расслаиванию, а миндальная – к пересушиванию. Также необходимо учитывать уровень сахарозаменителей, так как они влияют на карамелизацию и хрустящую текстуру.

Для улучшения вкусовых качеств и стабильности структуры могут применяться натуральные ароматизаторы, эмульгаторы и кислоты [8]. Особое внимание следует уделить органолептическим характеристикам – изделиям должны быть присущи нужная степень хрусткости, нежности, упругости, а также сохранение формы при хранении. Не менее важно соблюдение требований к маркировке: четкое указание на отсутствие глютена, а также контроль за перекрёстными загрязнением в производственных цехах. Оптимальным решением в данном случае становится использование сырья, альтернативного традиционной пшеничной муке. Мучные композиты – это инновационный подход к приготовлению песочного печенья, сочетающий традиционные ингредиенты с современными технологиями [9-10].

В качестве базовых компонентов рецептуры для песочного печенья выбраны кукурузная желтая и рисовая мука. Критериями выбора послужили не только отсутствие глютена, но и их широкая доступность на рынке. Кукурузная желтая мука отличается высокой пищевой ценностью за счет содержания сложных углеводов, значительного количества пищевых волокон и витаминов группы В [11]. Рисовая мука, в свою очередь, характеризуется сбалансированным аминокислотным составом, наличием микроэлементов и легкоусвояемых полисахаридов, преимущественно крахмала, что обуславливает ее диетическую ценность.

Пектиновые вещества, добавленные в рецептуру песочного печенья, играют роль функционального ингредиента, они являются растворимыми пищевыми волокнами, которые обладают способностью связы-

вать воду, образуя гели. Это приводит к улучшению текстуры печенья, снижению его калорийности и повышению содержания пищевых волокон.

Сироп из топинамбура использовался в качестве натурального подсластителя и пребиотика. Топинамбур – растение, богатое инулином, природным полисахаридом, который не переваривается в тонком кишечнике и служит пищей для полезных бактерий. Его сироп, получаемый путём термической обработки и фильтрации корневищ, стал ценным ингредиентом в производстве песочного печенья. Вместо традиционного сахара сироп добавляет изделию мягкую сладость, не провоцирует резкого скачка гликемического индекса и способствует улучшению микрофлоры кишечника. Благодаря этому печенье становится не просто вкусным лакомством, но и функциональным продуктом, поддерживающим пищеварение. Такой подход объединяет натуральность, пользу и высокое качество – без искусственных подсластителей и консервантов.

Разработка безглютенового песочного печенья из мучных композитов, обладающего высокими органолептическими свойствами и функциональными преимуществами, является актуальной задачей.

Цель исследования заключается в разработке рецептуры безглютенового песочного печенья на основе кукурузной и рисовой муки с использованием сиропа топинамбура в качестве сахарозаменителя и обогащении продукта пектиновыми веществами, а также в комплексной оценке органолептических и качественных характеристик готового изделия.

В рамках поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) провести маркетинговый анализ потребительских предпочтений и выявить частоту потребления различных видов печенья;
- 2) провести сравнительную характеристику разных видов муки;
- 3) научно обосновать целесообразность включения кукурузной и рисовой муки в

рецептуру песочного печенья в качестве базовых ингредиентов;

4) разработать оптимальный состав рецептурных компонентов, обеспечивающий получение безглютенового песочного печенья с заданными свойствами;

5) дать комплексную оценку качественных характеристик и показателей пищевой ценности готовых изделий.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись кукурузная желтая и рисовая мука, сироп из топинамбура, пектиновые вещества (яблочный и цитрусовый), песочное печенье (опытные образцы).

Проведен анализ потребительских предпочтений разных видов печенья. Экспериментальная часть работы, включающая пробные выпечки, выполнялась с соблюдением требований межгосударственного стандарта ГОСТ 10114-80, который регламентирует методику определения показателя намокаемости.

Оценка качества готовой продукции проводилась по органолептическим показателям в соответствии с ГОСТ 24901-2023.

Выпечка осуществлялась на базе ФГБОУ ВО «МГТУ» в лаборатории кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания факультета аграрных технологий.

Опытные образцы печенья прошли лабораторные исследования в аккредитованном испытательном центре. Официальное подтверждение качества продукции зафиксировано в протоколе испытаний, выданном ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Адыгея», подведомственном Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Результаты и обсуждение. Проведен анализ потребительских предпочтений на рынке разных видов печенья, охватывающий территорию Республики Адыгея и Краснодарского края. Анкета потребительского спроса – это маркетинговый инструмент для оценки потребителей, предпочте-

ний и готовности клиентов покупать товар или услугу. Анкета потребительского спроса на мучные кондитерские изделия отражает ключевые предпочтения покупателей в сегменте кондитерской продукции. Она включает в себя демографические данные респондентов, их частоту приобретения, предпочтения по видам изделий, вкусовым профилям, уровню сахара, наличию добавок, а также оценку качества и упаковки.

Нами разработана анкета потребительского спроса и регулярности потребления разных видов печенья по вкусовым предпочтениям [12-13]. Диаграмма регулярности употребления печенья показана на рисунке 1.

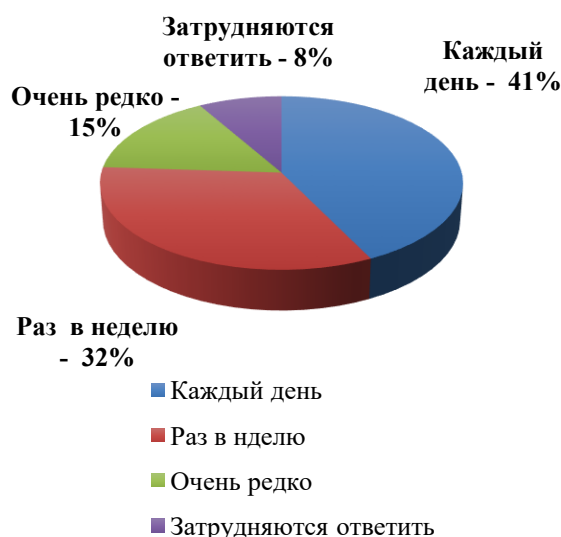


Рис. 1. Диаграмма регулярности употребления печенья

Fig. 1. Diagram of cookie consumption regularity

Опрошено 1000 покупателей: из них удовлетворены ассортиментом печенья 57%, 41% употребляют печенье каждый день, 32% – только раз в неделю, 15% приобретают очень редко, затрудняются ответить на этот вопрос 8%.

Диаграмма потребления разных видов печенья по потребительским предпочтениям показана на рисунке 2.

По потребительским предпочтениям разных видов печенья из опрошенных оказалось овсяное печенье – 28%, безглютеновое печенье – 26%, песочное – 22%, сахарное печенье – 12%, а галеты – 8%, сдобное – 4%.

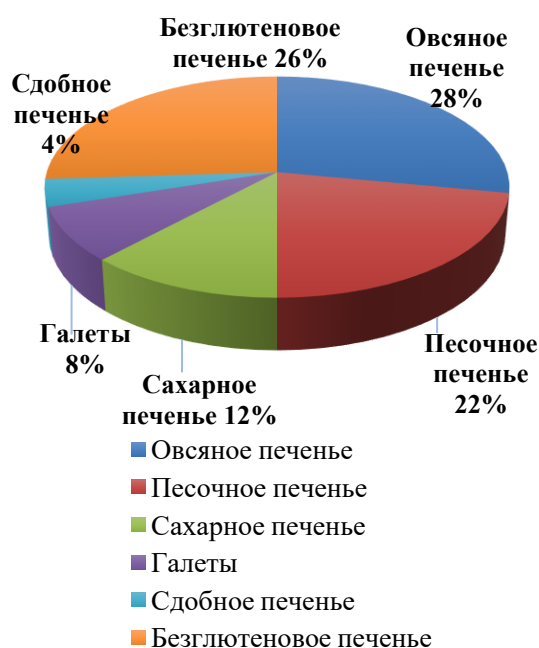


Рис. 2. Диаграмма потребления разных видов печенья по потребительским предпочтениям
Fig. 2. Diagram of consumption of different types of cookies according to consumer preferences

Проведена сравнительная характеристика разных видов муки представлена в таблице 1.

Использование кукурузной и рисовой муки взамен пшеничной требует корректировки рецептурного количества воды или иных жидких компонентов. Кукурузная мука отличается пониженной влажностью, что потенциально замедляет микробиологические процессы и положительно влияет на сохраняемость готовых изделий по сравнению с аналогами из пшеничной муки. Она имеет меньшую водопоглотительную способность из-за наличия жиров и клетчатки, которые блокируют доступ к крахмалу. Рисовая мука, напротив, обладает повышенной водопоглотительной способностью, что может приводить к формированию более сухой текстуры выпечки при недостатке влаги в рецептуре [13-14].

Химический состав разных видов муки показан в таблице 2.

Таблица 1. Сравнительная характеристика разных видов муки
Table 1. Comparative characteristics of different types of flour

Характеристика	Пшеничная хлебопекарная мука высшего сорта	Мука кукурузная желтая	Мука рисовая
Влажность	13...16 %	12...14 %	Не более 14%
Водопоглотительная способность	Средняя	Средняя	Высокая
Текстура готового изделия	Пышная, мягкая, эластичная	Плотная, рассыпчатая	Рассыпчатая
Потребность в корректировке рецепта	Обычно соответствует стандартным рецептам	Обычно соответствует стандартным рецептам	Часто требуется увеличение жидкости

Таблица 2. Химический состав разных видов муки
Table 2. Chemical composition of different types of flour

Наименование	Химический состав на 100 г продукта		
	Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	Мука кукурузная желтая	Мука рисовая
Белки, г	10,3	6,93	5,95
Жиры, г	1,1	3,86	1,42
Углеводы, г	70,6	76,85	80,13
Сахара, г	1,6	0,6	0,1
Клетчатка, г	3,5	7,3	2,4
Инулин, г	-	-	-
Пектин, г	-	-	-
Витамины:			
Витамин В ₁ , мг	0,17	0,247	0,1
Витамин В ₂ , мг	0,04	0,08	0,1
Крахмал и декстрины, г	68,5	-	79,1
Моно- и дисахариды (сахара), г	0,8	0,6	0,7
Калорийность, Ккал	334,0	361,0	354,1

Данные таблицы 2 показывают, что представленные виды муки отличаются по химическому составу – так в пшеничной муке высшего сорта высокое содержание белка (глютена), клетчатки и витаминов группы В. Кукурузная желтая мука отличается высоким содержанием жиров, углеводов, клетчатки и витамином В₁, по сравнению с пшеничной и рисовой мукой. Рисовая мука богата углеводом и крахмалом, также в ней значительное количество витамина В₂ среди представленных видов. Она также может быть использована в безглютеновой выпечке, часто в сочетании с другими видами муки для достижения лучшей структуры [17-18].

Все виды муки являются хорошим источником углеводов, которые обеспечивают организм энергией. Использование разных видов муки позволяет обогатить рацион, получить различные питательные вещества и вкусовые ощущения.

Технология производства безглютеновых мучных кондитерских изделий не имеет серьезных отличий от производства традиционных продуктов, за счет чего она имеет хорошие перспективы. По базовой рецептуре для получения песочного печенья используется хлебопекарная пшеничная мука высшего сорта. Мы предлагаем для песочного теста на основе нетрадиционного сырья, где пшеничная хлебопекарная мука выс-

шего сорта заменяется кукурузной желтой мукой и рисовой, дополненного сиропом из топинамбура, заменившего сахар, с добавлением пектиновых веществ (яблочный и цитрусовый) в заданных соотношениях (в количестве 0,5% от массы муки) [15-16].

Для приготовления песочного теста была использована базовая рецептура № 173 печенье «Песочное». Разрабатывались различные варианты рецептуры с варьированием пропорций 100 % – кукурузной желтой муки – вариант 1, 50% – кукурузной желтой муки и 50 % рисовой муки – вариант 2 и 100% рисовой муки – вариант 3, контроль – пшеничная хлебопекарная мука высшего сорта.

Рецептура песочного печенья (базовая и опытная) представлена в таблице 3.

На рисунке 3 показано песочное тесто из кукурузной желтой муки (а); рисовой и кукурузной (б) и рисовой (в) с добавлением сиропа из топинамбура и пектиновых веществ

Оценку качества песочного печенья производили по органолептическим показателям (ГОСТ 24901-2023 «Печенье. Общие технические условия»). Дегустацию исследуемых образцов песочного печенья проводили по пятибальной шкале (рисунок 4). В таблице 4 приведены органолептические показатели качества разработанных вариантов безглютенового песочного печенья из мучных композитов.

Таблица 3. Рецепт песочного печенья (базовая и опытная)

Table 3. Shortbread cookie recipe (basic and experimental)

Наименование сырья	Рецептура			
	Базовая	Опытная		
		Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Мука пшеничная в/с, г	350			-
Мука кукурузная желтая, г	-	248,25	248,25	
Мука рисовая, г	-	-	248,25	248,25
Сироп из топинамбура, г		100,0	100,0	100,0
Пектиновые вещества (цитрусовый и яблочный), г	-	1,75	1,75	1,75
Сахар-песок, г	70,0	-	-	-
Масло сливочное, 82,5 %, г	150,0	150,0	150,0	150,0
Меланж, г	100,0	100,0	100,0	100,0
Соль, г	5,0	5,0	5,0	5,0
Разрыхлитель, г	5,0	5,0	5,0	5,0
Ванилин, г	3,0	3,0	3,0	3,0
Выход теста, г		300,0		
Выход выпеченных изделий, г		280,0		



Рис. 3. Песочное тесто
Fig. 3. Shortcrust pastry

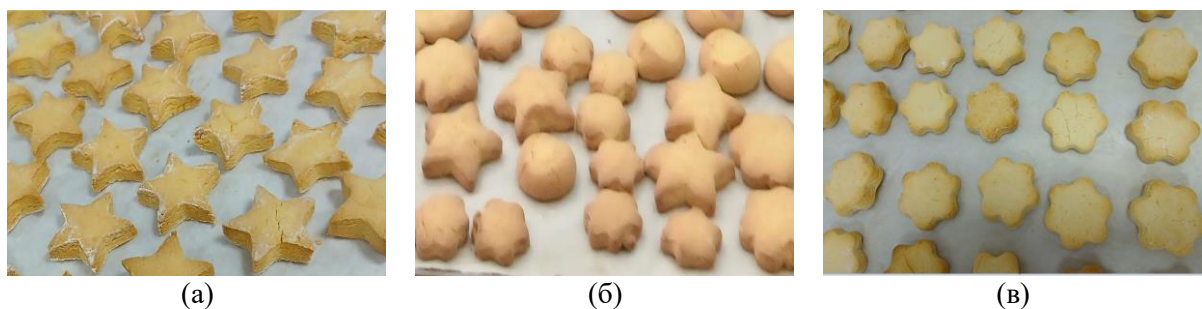


Рис. 4. Безглютеновое песочное печенье из мучных композитов
Fig. 4. Gluten-free shortbread cookies made from flour composites

Таблица 4. Органолептические показатели качества разработанных вариантов безглютенового песочного печенья из мучных композитов

Table 4. Organoleptic quality indicators of the developed variants of gluten-free shortbread cookies made from flour composites

Показатели	Контроль	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Внешний вид	правильная, однородная форма (обычно круглая или прямоугольная), без значительных дефектов.	правильная, однородная форма	правильная, однородная форма	правильная, однородная форма
Цвет	светло-желтый или золотистый, равномерный по всей поверхности	желтый насыщенный	светло-жёлтый	бело-бежевый с сероватым отливом сиропа топинамбура
Запах	приятный, сладкий аромат без посторонних запахов	достаточно выражен, со сладковатым ароматом	легкий, сладковатый аромат	нейтральный, лёгкий
Вкус	гармоничный сладкий вкус, без излишней сладости или горечи	сладковато-ореховый привкус	умеренно сладкий ореховый с мягким рисовым послевкусием	мягкий вкус, почти нейтральный рисовый с лёгкой сладостью инулина
Консистенция	рассыпчатая и хрустящая, достаточно нежная и легкая	умеренно рыхлая, зернистая текстура	плотная, чем у первого варианта, но с лёгкой зернистостью	рассыпчатая нежная структура

Для опытных образцов песочного печенья была применена пятибалльная дегустационная шкала, позволяющая детально оценить внешний вид, структуру, вкус и аромат изделий [19].

Профилограмма органолептического анализа позволяет оценить и сравнить разные варианты печенья по таким важным показате-

лям, как внешний вид, аромат, вкус, текстура (консистенция), хрупкость/рассыпчатость, твердость крошливость. Профилограмма органолептического анализа разработанных вариантов песочного печенья из мучных композитов позволяет оценить и сравнить разные варианты печенья по таким важным показателям, как показано на рисунке 4.

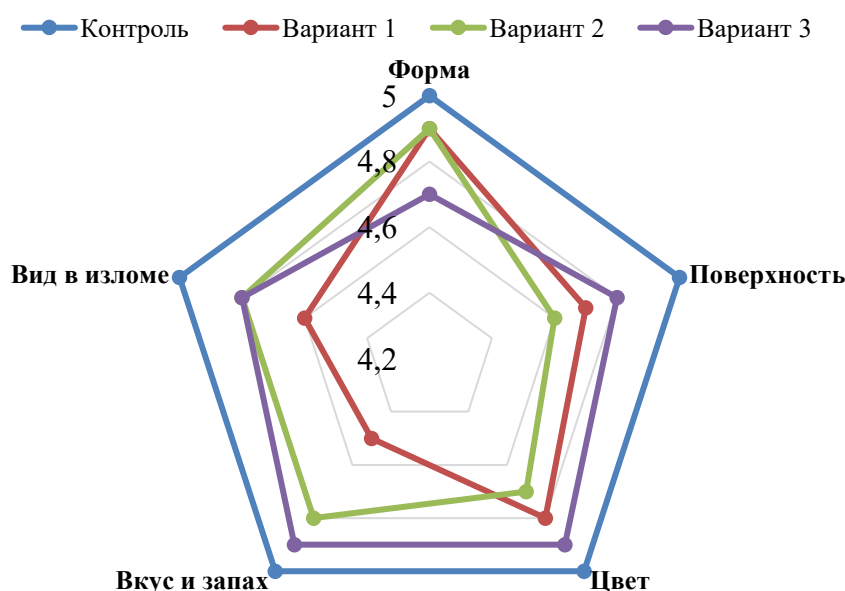


Рис. 4. Профилограмма разработанных вариантов песочного печенья из мучных композитов
Fig. 4. Profilogram of developed shortbread cookie variants made from flour composites

Намокаемость разработанных вариантов безглютенового песочного печенья из мучных композитов представлена в таблице 5.

Наиболее высокую намокаемость показал второй вариант 2 – 157%, незначительно уступают ему третий вариант – 155 % и первый вариант – 151%. Эти показатели указывают на улучшенные потребительские свойства разработанных вариантов безглютенового песочного печенья [20].

Пищевая ценность разработанных вариантов безглютенового песочного печенья из мучных композитов показана в таблице 6.

Как показывают данные таблицы 6, песочное печенье на основе рисовой муки характеризуется более высоким содержанием белка (13,9 г) и жиров (5,4 г) по сравнению с песочным печеньем на основе кукурузной муки. В то же время углеводный состав практически идентичен (64,0 г и 65,1 г соответственно).

Наиболее существенное различие наблюдается в содержании пищевых волокон: песочное печенье из рисовой муки содержит значительно больше клетчатки (2,4 г). Это говорит о более высоком потенциале рисовой муки в качестве источника пищевых волокон в данном продукте.

Содержание витаминов группы В также варьируется в зависимости от типа используемой муки. Песочное печенье из кукурузной муки отмечается более высоким содержанием витамина В₁, в то время как в печенье из рисовой муки содержание витамина В₂ значительно ниже.

Результаты органолептических характеристик и анализа состава пищевой ценности безглютенового песочного печенья, изготовленного из кукурузной и рисовой муки с добавлением сиропа из топинамбура и пектиновых веществ, показывает заметные различия по сравнению с контрольным образцом, что решает потенциал использования нетрадиционных видов муки для модификации производства готового продукта.

Заключение

1. Маркетинговый анализ демонстрирует, что для эффективного функционирования важно следить за трансформацией покупательского поведения и регулярно улучшать продукцию, приспосабливаясь к меняющимся обстоятельствам. Жители Республики Адыгея и Краснодарского края довольны выбором мучных кондитерских изделий лишь на 75,5%, что указывает на потребность в расширении их ассортимента.

Таблица 5. Намокаемость разработанных вариантов безглютенового песочного печенья из мучных композитов

Table 5. Wetting properties of the developed gluten-free shortbread cookies made from flour composites

Показатель	Вариант			
	Контроль	1	2	3
Намокаемость, %	150	151	157	155

Таблица 6. Пищевая ценность разработанных вариантов безглютенового песочного печенья из мучных композитов

Table 6. Nutritional value of the developed variants of gluten-free shortbread cookies made from flour composites

Нутриент	Контроль	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Белки, г	7,7	12,1	13,9	12,5
Жиры, г	27,3	4,4	5,4	4,6
Углеводы, г	57,7	64,0	65,1	63,1
Сахара, г	45,0	0,9	1,0	1,1
Пищевые волокна, г	1,9	0,7	2,4	1,2
Витамин В ₁ , (тиамин), мг	0,1	0,3	0,14	0,12
Витамин В ₂ , (рибофлавин), мг	0,1	0,082	0,021	0,019
Калорийность, Ккал	507,5	365,0	363,0	364,0

2. При правильном подходе применение нетрадиционных видов муки в мучных кондитерских изделиях открывает широкие возможности для создания новых и диетических кондитерских изделий, отвечающих требованиям современного потребителя.

3. Сравнительный анализ разных видов муки показывает, что каждый вид муки обладает своими уникальными свойствами и областями применения. Пшеничная мука остается стандартом благодаря своей способности образовывать клейковину, обеспечивая пышность и эластичность. Рисовая и кукурузная мука предлагают ценные альтернативы для безглютеновой диеты, удовлетворяя потребности людей с пищевыми ограничениями.

4. Использование кукурузной муки и рисовой, и сиропа из топинамбура с добавлением пектиновых веществ в рецептуре песочного печенья позволяет создать про-

дукт с улучшенными органолептическими свойствами, который может быть полезен для людей, стремящихся к здоровому образу жизни и профилактике заболеваний.

5. Экспериментальные образцы демонстрируют лучшую намокаемость по сравнению с контрольным образцом, это свидетельствует о положительном влиянии рецептурных изменений на способность изделия впитывать влагу, что является важным показателем качества песочных изделий из мучных композитов.

6. Результаты анализа состава пищевой ценности песочного печенья из мучных композитов, изготовленного из кукурузной муки и рисовой муки, показывает заметные различия по сравнению с контрольным образцом, что показывает потенциал использования нетрадиционных видов муки для модификации производства готового продукта.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Recent Progress and Recommendations on Celiac Disease from the Working Group on Prolamin Analysis and Toxicity / K.A Scherf [et al.] // *Frontiers in Nutrition*. 2020. Vol. 7. P. 29. doi: 10.3389/fnut.2020.00029.
2. Ishartani D., Sagita R., Praseptianga D. Amylograph properties and microstructure of white corn and okara-based composite flour // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 828.
3. The Effect of Maize Grain Size on the Physicochemical Properties of Isolated Starch, Crude Maize Flour and Nixtamalized Maize Flours / Vega-Rojas L. [et al.] // *Agricultural Sciences*. 2006. No. 7. P. 114-125.
4. Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase / Altındağ G. [et al.] // *Food Sci Technol Int*. 2015. Vol. 21, No. 3. P. 213-20. doi: 10.1177/1082013214525428. Epub 2014 Mar 10. PMID: 24613830.
5. Gluten-free cookies elaborated with buckwheat flour, millet flour and chia seeds / Brites Lara [et al.] // *Food Science and Technology*. 2018. Vol. 39. 10.1590/fst.30416.
6. Санжаровская Н.С., Храпко О.П., Коломиец В.И. Разработка безглютенового печенья с улучшенными потребительскими свойствами // *Ползуновский вестник*. 2021. № 3. С. 61-67. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.008.
7. Басовский Л.Е. Маркетинг: курс лекций. М.: ИНФРА-М, 1999. 219 с.
8. Матвеева Т.В., Корячкина С.Я. Мучные кондитерские изделия функционального назначения. Научные основы, технология, рецептуры. СПб.: ГИОРД, 2016. 360 с.
9. Корячкина С.Я., Матвеева Т.В. Технология мучных кондитерских изделий. СПб.: Троицкий мост, 2011. 400 с.

10. Беретарь С.Т., Мамухова Д.С. Показатели качества безглютенового печенья из кукурузной желтой муки тонкого помола // Повышение качества и продуктов: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции. Махачкала, 2024. С. 18-21.
11. Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 № 1364-р. Режим доступа: <http://government.ru/media>.
12. Беретарь С.Т. Влияние разных видов муки на показатели качества песочного печенья функционального назначения // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: материалы X Всероссийской научно-практической конференции (Махачкала, 19-20 нояб. 2020 г.). Махачкала: ДаГТУ, 2020. С. 11-14.
13. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Химический состав российских продуктов питания: справочник. М.: ДеЛипринт, 2002. 236 с.
14. Беретарь С.Т., Мамухова Д.С. Анализ рынка и потребительского спроса на мучные кондитерские изделия безопасности пищевых // Повышение качества и продуктов: материалы XIV Всероссийской научно-практической конференции. Махачкала, 2024. С. 13-17.
15. Беретарь С.Т. Безглютеновое песочное печенье из кукурузной желтой муки // Наука, образование и инновации для АПК состояние, проблемы и перспективы: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Майкоп, 2024. С. 154-157.
16. Показатели качества пектиносодержащего песочного печенья функционального назначения с пониженным содержанием глютена / Беретарь С.Т. [и др.] // Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Махачкала. 2023. С. 72-75.
17. Hamid M.A., Hassan M.S., Hassan M. Chemical and Technological Characteristics of White Dent Maize (*Zea mays* Var. *Identata*) Grains as Affected by Different Treatments 1-Effect of Boiling, Nixtamalization and Soaking Treatments on Some Chemical Characteristics of White Dent Maize Grain whole Flour // *World Journal of Dairy & Food Sciences*. 2018. Vol. 13, No. 2. P. 46-56.
18. Oliviero T.A., Verkerk R., Dekker M. Research approach for quality based design of healthy foods // *Trends in Food Science & Technology*. 2013. Vol. 30, No. 2. P. 178-184.
19. ГОСТ 24901-2023 «Печенье. Общие технические условия».
20. ГОСТ 10114-80 «Изделия кондитерские мучные. Метод определения намокаемости».

REFERENCES

1. Recent Progress and Recommendations on Celiac Disease from the Working Group on Prolamin Analysis and Toxicity / K.A. Scherf [et al.] // *Frontiers in Nutrition*. 2020. Vol. 7. P. 29. doi: 10.3389/fnut.2020.00029.
2. Ishartani D., Sagita R., Praseptianga D. Amylograph properties and microstructure of white corn and okara-based composite flour // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 828.
3. The Effect of Maize Grain Size on the Physicochemical Properties of Isolated Starch, Crude Maize Flour and Nixtamalized Maize Flours / Vega-Rojas L. [et al.] // *Agricultural Sciences*. 2006. No. 7. P. 114-125.
4. Quality characteristics of gluten-free cookies made of buckwheat, corn, and rice flour with/without transglutaminase / Altındağ G. [et al.] // *Food Sci Technol Int*. 2015. Vol. 21, No. 3. P. 213-20. doi: 10.1177/1082013214525428. Epub 2014 Mar 10. PMID: 24613830.
5. Gluten-free cookies elaborated with buckwheat flour, millet flour and chia seeds / Brites Lara [et al.] // *Food Science and Technology*. 2018. Vol. 39. 10.1590/fst.30416.
6. Sanzharovskaya N.S., Khrapko O.P., Kolomiets V.I. Development of gluten-free cookies with improved consumer properties // *Polzunovsky Vestnik*. 2021. No. 3. P. 61-67. DOI: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.008. [In Russ.]
7. Basovsky L.E. Marketing: a course of lectures. Moscow: INFRA-M, 1999. 219 p. [In Russ.]
8. Matveeva T.V., Koryachkina S.Ya. Functional flour confectionery products. Scientific principles, technology, recipes. St. Petersburg: GIOR, 2016. 360 p. [In Russ.]
9. Koryachkina S.Ya., Matveeva T.V. Technology of flour confectionery products. St. Petersburg: Troitsky Most, 2011. 400 p. [In Russ.]

10. Beretar S.T., Mamukhova D.S. Quality indicators of gluten-free cookies made from finely ground yellow corn flour // Improving quality and products: Proceedings of the XIV All-Russian scientific and practical conference. Makhachkala, 2024. P. 18-21. [In Russ.]
11. Strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030 [Electronic resource]: Order of the Government of the Russian Federation dated June 29, 2016 No. 1364-r. Access mode: <http://government.ru/media>. [In Russ.]
12. Beretar S.T. The influence of different types of flour on the quality indicators of functional shortbread cookies // Improving the quality and safety of food products: Proceedings of the X All-Russian scientific and practical conference (Makhachkala, November 19-20, 2020). Makhachkala: DagSTU, 2020. P. 11-14. [In Russ.]
13. Skurikhin I.M., Tutelyan V.A. Chemical composition of Russian food products: reference book. Moscow: DeLiprint, 2002. 236 p. [In Russ.]
14. Beretar S.T., Mamukhova D.S. Analysis of the market and consumer demand for flour confectionery products of food safety // Improving the quality and products: Proceedings of the XIV All-Russian scientific and practical conference. Makhachkala, 2024. P. 13-17. [In Russ.]
15. Beretar S.T. Gluten-free shortbread cookies made from yellow corn flour // Science, education and innovation for the agro-industrial complex: state, problems and prospects: Proceedings of the VIII International scientific and practical conference. Maikop, 2024. P. 154-157. [In Russ.]
16. Quality indicators of pectin-containing shortbread cookies for functional purposes with reduced gluten content / Beretar S.T. [et al.] // Proceedings of the XIII All-Russian scientific practical conference with international participation. Makhachkala. 2023. P. 72-75. [In Russ.]
17. Hamid M.A., Hassan M.S., Hassan M. Chemical and Technological Characteristics of White Dent Maize (*Zea mays* Var. *Identata*) Grains as Affected by Different Treatments // World Journal of Dairy & Food Sciences. 2018. Vol. 13, No. 2. P. 46-56.
18. Oliviero T.A., Verkerk R., Dekker M. Research approach for quality-based design of healthy foods // Trends in Food Science & Technology. 2013. Vol. 30, No. 2. P. 178-184.
19. GOST 24901-2023 «Cookies. General specifications».
20. GOST 10114-80 «Flour confectionery products. Method for determining wettability».

Информация об авторах / Information about the authors

Хатко Зурет Нурбиевна, доктор технических наук, доцент кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания факультета аграрных технологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 358000, Российская Федерация, г. Майкоп, Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7097-1345>, e-mail: znkhatko@mail.ru.

Беретарь Сусанна Теучежевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания факультета аграрных технологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 358000, Российская Федерация, г. Майкоп, Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9027-2830>, e-mail: beretarst@mail.ru.

Мамухова Диана Схатбиевна, магистрант кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 358000, Российская Федерация, г. Майкоп, Первомайская, д. 191, e-mail: dms030719@bk.ru.

Едыгова Саида Нурбиевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 358000, Российская Федерация, г. Майкоп, Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9832-7180>, e-mail: edygovasn@mail.ru

Zuret N. Khatko, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Food Technology and Catering, Faculty of Agricultural Technologies, Maikop State Technological University; 358000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7097-1345>, e-mail: znkhatko@mail.ru

Susanna T. Beretar, PhD (Eng.), Associate Professor, Department of Food Technology and Catering, Faculty of Agricultural Technologies, Maykop State Technological University; 358000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9027-2830>, e-mail: beretarst@mail.ru

Diana S. Mamukhova, Master student, Department of Food Technology and Catering, Faculty of Agricultural Technologies, Maykop State Technological University; 358000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St. e-mail: dms030719@bk.ru

Saida N. Edygova, PhD (Eng.), Associate Professor, Department of Food Technology and Catering, Faculty of Agricultural Technologies, Maykop State Technological University; 358000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9832-7180>, e-mail: edygovasn@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Беретарь Сусанна Теучежевна, Мамухова Диана Схатбиевна – проведение эксперимента.

Беретарь Сусанна Теучежевна, Едыгова Саида Нурбиевна – подбор литературных источников.

Беретарь Сусанна Теучежевна – оформление статьи по требованиям журнала.

Хатко Зурет Нурбиевна, Беретарь Сусанна Теучежевна – разработка методики исследования, валидация данных.

Claimed contribution of the authors

Susanna T. Beretar, Diana S. Mamukhova - conducting the experiment.

Susanna T. Beretar, Saida N. Edygova – selection of literary sources.

Susanna T. Beretar – formatting the article according to the Journal requirements.

Zuret N. Khatko, Susanna T. Beretar – developing the research methodology and validating the data.

Поступила в редакцию 02.04.2026

Поступила после рецензирования 06.05.2026

Принята к публикации 07.05.2026

Received 02.04.2026

Revised 06.05.2026

Accepted 07.05.2026



Росторегулирующие комплексы в технологии возделывания змееголовника молдавского

О.А.Быкова✉, Н.С. Тропина, Р.Р. Тхаганов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений»
(Северо-Кавказский филиал);
ст. Васюринская, Российская Федерация
✉krasnodarvilar@gmail.com

Аннотация. Введение. Змееголовник молдавский (*Dracosephalum moldavica* L.) – представитель семейства яснотковых – является ценным эфирномасличным растением, на основе сырья которого разработан фитопрепарат «Розматин», обладающий противовоспалительным и гастропротективным действием. **Целью проведенных исследований** является разработка элементов технологии возделывания змееголовника молдавского, основанных на управлении онтогенезом растительного организма и его биопродуктивностью за счет комплексного применения органоминеральных удобрений и кремнийсодержащих микроудобрений. **Объект и методы исследования.** Исследования на змееголовнике проводились в Северо-Кавказском филиале ВИЛАР, расположенном в Центральной зоне Краснодарского края. На первом этапе (2019-2020 гг.) определялось влияние ретарданта Харди (0,2 л/га), применяемого в фазу бутонизации, на содержание эфирного масла и качество лекарственного сырья. На втором (2021-2025 гг.) изучалось влияние некорневых обработок в фазу стеблевания комплексами органоминеральных удобрений ЭкоФус (1,0 л/га), Абсолют (2,0 л/га) с кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант (0,8 л/га) (первая обработка) и в фазу бутонизации Харди 0,2 л/га или Силиплант 0,8 л/га (вторая обработка). **Результаты и об-суждения.** Установлено, что однократная обработка растений в фазу бутонизации ретардантом Харди или кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант приводит к статистически значимому увеличению содержания эфирного масла на 28 и 11%, соответственно. Также установлено, что применение ретарданта способствует повышению в сырье змееголовника фенольных соединений на 20% и розмариновой кислоты на 27%. Для повышения двух составляющих биопродуктивности: урожайности и содержания эфирного масла – целесообразна двухэтапная обработка посевов: в фазе стеблевания комбинации Силипланта с органоминеральными удобрениями Абсолют и ЭкоФус, в фазу бутонизации – Харди или Силипланта. **Заключение.** Такой системный подход обеспечивает повышение урожайности на 16-24%, высокий сбор эфирного масла с гектара, превышающий контроль в случае с Харди до 58%, с Силиплантом – до 38%.

Ключевые слова: *Dracosephalum moldavicum* L., ретардант, микроудобрения, органоминеральные удобрения, нормы и сроки внесения, урожайность, эфирное масло

Для цитирования: Быкова О.А., Тропина Н.С., Тхаганов Р.Р. Росторегулирующие комплексы в технологии возделывания змееголовника молдавского. *Новые технологии / New technologies.* 2026; 22 (2):79-91. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-79-91>

Благодарности. Работа выполнена в рамках Государственного задания согласно теме НИР «Определение ресурсного потенциала дикорастущих видов лекарственных растений, разработка адаптивных агротехнологий и создание устойчивых сортов лекарственных культур FGUU-2025-0006»

Growth-regulating complexes in the *Dracocephalum moldavicum* L. cultivation

O.A. Bykova✉, N.S. Tropina, R.R. Thaganov

All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (The North Caucasus Branch);
Vasyurinskaya vill., the Russian Federation,
✉krasnodarvilar@gmail.com

Abstract. Introduction. *Dracocephalum moldavicum* L. is a representative of the Lamiaceae family, a valuable essential oil plant, based on the raw materials of which the phytopreparation “Rosmatin” with anti-inflammatory and gastroprotective effects was developed. The goal of the research was to develop elements of the *Dracocephalum moldavica* cultivation technology based on the management of the ontogenesis of the plant organism and its bioproductivity through the integrated use of organomineral fertilizers and silicon-containing microfertilizers. **The object and the methods.** The research on dragonhead was conducted at the North Caucasus branch of VILAR, located in the central zone of the Krasnodar Territory. At the first stage (2019-2020), the effect of Hardy's retardant (0.2 l / ha) applied during the budding phase on the essential oil content and the quality of medicinal raw materials was determined. In the second study (2021-2025), the effect of foliar treatments during the stem formation phase with EcoFus (1.0 l/ha), Absolut (2.0 l/ha) organomineral fertilizer complexes with Siliplant (0.8 l/ha) silicon-containing microfertilizer (first treatment) and during the budding phase with Hardy 0.2 l/ha or Siliplant 0.8 l/ha (second treatment) was studied. **The results and discussion.** It was found that a single treatment of plants during the budding phase with Hardy retardant or Siliplant silicon-containing microfertilizer led to a statistically significant increase in the essential oil content by 28 and 11%, respectively. It was also found that the use of the retardant contributed to an increase in phenolic compounds by 20% and rosmarinic acid by 27% in the *Dracocephalum moldavica* raw material. To increase two components of bioproductivity—yield and essential oil content—a two-stage crop treatment was advisable: during the stem-forming phase, a combination of Siliplant with the organomineral fertilizers Absolut and EcoFus; during the budding phase, Hardy or Siliplant. **Conclusion.** This systematic approach ensures a 16-24% yield increase and high essential oil yield per hectare, exceeding the control level by up to 58% with Hardy and up to 38% with Siliplant.

Keywords: *Dracocephalum moldavicum* L., retardant, micronutrient fertilizers, organomineral fertilizers, application rates and timing, yield, essential oil

For citation: Bykova O.A., Tropina N.S., Thaganov R.R. Growth-regulating complexes in the *Dracocephalum moldavicum* L. cultivation. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2): 79-91. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-79-91>

Acknowledgments. The research was conducted within the framework of the State Assignment under the research topic “Determining the Resource Potential of Wild Medicinal Plant Species, Developing Adaptive Agricultural Technologies, and Creating Resistant Varieties of Medicinal Crops FGUU-2025-0006”

Введение. Значительный интерес исследователей направлен на изучение эфирномасличных растений семейства яснотковых, к которым относится змееголовник молдавский (*Dracocephalum moldavica* L.) — однолетнее травянистое растение.

В химическом составе изучаемого растения обнаружен богатый арсенал биологически активных веществ, таких как флавоно-

иды, известные своими антиоксидантными свойствами, и оксикоричные кислоты (включая хлорогеновую, феруловую и цикориювую). В целом, спектр фенольных соединений достаточно широк, при этом ключевую роль играет розмариновая кислота. Также присутствуют танины, антоцианы и фенилпропаноиды [1]. Эфирное масло, помимо приятного лимонного аромата, кото-

рый обеспечивает цитраль, содержит гераниол и геранилацетат, что придает ему дополнительные ценные качества [2].

Исследования в области фармакологии подтвердили, что экстракт из травы змееголовника обладает кардиозащитной способностью и активностью нейтрализовать свободные радикалы. Кроме того, он может быть использован для создания средств, облегчающих отхождение мокроты и оказывающих успокаивающее действие [3]. Важно отметить, что на базе ВИЛАРа из молдавского змееголовника был разработан терапевтический препарат «Розматин», который проявляет противовоспалительные и желудочно-защитные свойства [4].

Ввиду отсутствия на данный момент змееголовника молдавского в перечне фармакопейных растений, контроль качества его сырья осуществляется на основании содержания эфирного масла. Однако полученные данные о биологически активных веществах будут представлять впоследствии большой интерес, так как в 2025 году разработан проект фармакопейной статьи «Змееголовника молдавского трава». Согласно проекту, оценивать качество сырья предусматривается по содержанию суммы фенольных соединений в пересчете на розмариновую кислоту и этот показатель составляет не менее 4,0% [5].

Эфирное масло змееголовника широко применяется в парфюмерном и пищевом секторе рынка.

Чтобы обеспечить страну собственным сырьем змееголовника, нужно внедрить передовые агротехнологии, которые позволят увеличить урожайность и улучшить качество сырья.

Анализ ряда исследований, проведенных на различных эфирномасличных и лекарственных культурах, свидетельствуют о том, что некорневые подкормки микроудобрениями в хелатной форме (Феровит, Цитовит, Силиплант) и органоминеральными удобрениями (Биоплант Флора, ЭкоФус) обеспечивают существенное увеличение урожайности и улучшают каче-

ство получаемого сырья [6-7]. Особое внимание исследователей в последние годы сосредоточено на изучении комплексного применения органоминеральных удобрений с микроудобрениями [8-9].

Цель: разработать инновационные подходы к возделыванию змееголовника молдавского, которые базируются на целенаправленном управлении онтогенезом и биопродуктивностью растения и призваны обеспечить получение высокоурожайного сырья с обогащенным составом эфирного масла.

Объекты и методы исследований. Экспериментальные работы были выполнены в период с 2020 по 2025 год на базе Северо-Кавказского филиала ФГБНУ ВИЛАР.

Почвенный фон участка был представлен сверхмощным выщелоченным черноземом с низким содержанием гумуса в пахотном слое, который составляет примерно 5,03%. Согласно проведенным агрохимическим исследованиям, концентрация подвижных форм фосфора составила 25-28 мг/кг, обменного калия – 241-246 мг/кг, а подвижной серы – 6,0-6,5 мг/кг.

А также отмечено присутствие незначительного количества подвижных форм марганца, цинка, меди и кобальта. Верхний слой почвы имеет близкую к нейтральной реакцию почвенной среды, $pH\ KCl = 5,9$ [10].

Климатические условия в разные годы исследований существенно варьировали. Вегетационные сезоны 2020-2023 и 2025 годов характеризовались оптимальными температурными показателями и режимом увлажнения. В отличие от них 2024 год был засушливым – дефицит атмосферных осадков с апреля по август составил всего 56,6 мм.

Закладка полевых мелкоделяночных опытов проделана согласно методике проведения полевых опытов с лекарственными и эфирномасличными культурами. (Методика проведения полевых опытов с лекарственными и эфирномасличными культурами / М.И. Ковалев. М.: ФГБУ ВИЛАР, 2021.). Делянки площадью 28 м² с между-

рядьями 0,7 м были расположены последовательно в четырех повторностях. В условиях Краснодарского края посев культуры змееголовника осуществляется во второй апрельской декаде при прогреве верхнего почвенного слоя до 15°C.

Исследования по оптимизации выращивания змееголовника проводились в два этапа. На первом – (2019-2020 гг.) изучалось, как обработки природного ретарданта Харди (0,2 л/га, содержащий о-дифенолы и эпибрассинолид) и ЦеЦеЦе (1,0 л/га, содержащий хлормекват-хлорид), примененные в фазу бутонизации, влияют на количество эфирного масла и общее качество лекарственного сырья.

На втором этапе экспериментов (2021-2025 гг.) внимание было уделено некорневым подкормкам и изучалось их влияние при внесении в фазу стеблевания комплексами органоминеральных удобрений ЭкоФус (главный компонент: экстракт бурых водорослей фукуса пузырчатого, 1,0 л/га), Абсолют (экстракт чернозема с микроэлементами, 2,0 л/га) с кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант (0,8 л/га) (*первая обработка*) и в фазу бутонизации Силиплант 0,8 л/га (*вторая обработка*) на рост, развитие, урожайность, содержание эфирного масла и его сбор с гектара. Контрольные делянки обрабатывались водой.

Уборку надземной массы змееголовника осуществляли спустя 12-14 календарных дней после обработки препаратами Харди или Силиплантом.

Полученные данные, выраженные в относительных единицах, затем подвергались статистической обработке по методике Б.А. Доспехова (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. 6-е изд., М.: Альянс, 2011).

Определение количества эфирного масла в сырье змееголовника проводилось в соответствии с требованиями статьи ОФС.1.5.3.0010(1) регламентирующей анализ эфирных масел в растительном сырье. Метод основан на принципе перегонки с водяным паром, обеспечивающей выделе-

ние летучих компонентов без их термического разложения. Сырье предварительно измельчали до стандартизированной дисперсности, обеспечивающей максимальную экстракцию терпенов и их кислородсодержащих производных. Затем подготовленный материал помещали в колбу перегонного аппарата, соединенного с приемником-ловушкой, где эфирное масло, будучи нерастворимым в воде, конденсировалось и отделялось от гидродистиллята.

Для детального изучения состава действующих веществ применялись современные хроматографические методы: высокоэффективная жидкостная хроматография с диодным детектированием (ВЭЖХ-ДД) и ультраэффективная жидкостная хроматография, оснащенная как диодным, так и масс-спектрометрическим детектированием (УЭЖХ-ДД-МС). Количественная оценка компонентов метаболома в сырье осуществлялась в относительных единицах путем нормализации площади пика каждого компонента на внутренний стандарт и массу сухого образца. Полученные хроматографические профили демонстрировали высокую сложность химического состава сырья, где наряду с доминирующими соединениями были зафиксированы следовые количества биологически активных веществ. Диодное детектирование в широком ультрафиолетовом диапазоне позволило построить спектральные характеристики для каждого компонента, что стало основой для их первичной классификации на группы: фенилпропаноиды, флавоноиды, терпеноиды и гидроксикоричные кислоты. Все измерения проводились в трехкратной аналитической повторности, а результаты подвергались статистической обработке с расчетом стандартного отклонения и доверительных интервалов.

Результаты. Современный этап развития лекарственного растениеводства в Российской Федерации характеризуется расширением научно-исследовательской деятельности по оптимизации способов культивирования лекарственных культур, и, в

частности, змееголовника молдавского. Приоритетным направлением является разработка приемов, обеспечивающих получение растительного сырья с повышенной концентрацией эфирного масла.

В наших ранних работах показано, что применение природного ретарданта Харди в фазу бутонизации змееголовника способствует повышению содержания эфирного масла [11].

С 2020 года началось более глубокое изучение влияния Харди не только на содержание эфирного масла, но и на другие биологически активные вещества в сырье. Разработка в ВИЛАРе инновационного лечебного средства «Розматин», полученного из травы змееголовника, стала возможной благодаря идентификации суммы фенольных соединений как ключевых биологически активных компонентов. Среди них доминирует розмариновая кислота [12].

Для оценки потенциала природного препарата Харди в сравнении с синтетическим ретардантом ЦеЦеЦе было проведено комплексное исследование. Данная работа обусловлена результатами испытаний ЦеЦеЦе, проведенных в 1990-х годах, которые продемонстрировали существенное увеличение концентрации эфирного масла в сырье и активных компонентов в лекарственных эфирномасличных растениях при его применении на стадии бутонизации [13].

Как видно на рисунке 1, при использовании Харди количественное содержание масла заметно превышает контрольный вариант и синтетический – ЦеЦеЦе.

Диаграмма рисунка 2 доказывает, что применение обоих препаратов приводит к значительному увеличению концентрации эфирного масла. При этом природный ретардант – Харди проявляет более выраженную эффективность (повышение произошло на 35%) по сравнению с контрольным вариантом, а синтетический аналог – ЦеЦеЦе – увеличил количественное содержание на 16%.

В рамках данного исследования было установлено, что применение ретарданта Харди способствует увеличению содержания фенольных соединений в сырье на 20%, розмариновой кислоты на 27% и розмариноват глюкозида на 30% (рис. 2). При этом ЦеЦеЦе практически не повлиял на указанные параметры (0-5 %).

Урожайность является важной фундаментальной составляющей биопродуктивности любого лекарственного сырья. Ранее для ее повышения нами использовались двукратные обработки (на этапах начала отрастания и стеблевания) микроудобрением Силиплант, а также его сочетанием с Абсолютом (органоминеральным удобрением) [9]. Основываясь на полученных данных, во второй серии опытов были учтены две составляющие биопродуктивности: формирование наибольшей надземной биомассы за счет однократного применения вышеназванных удобрений в фазу стеблевания и стимуляции синтеза эфирного масла путем торможения ростовых процессов используя в предуборочный период ретардант Харди.

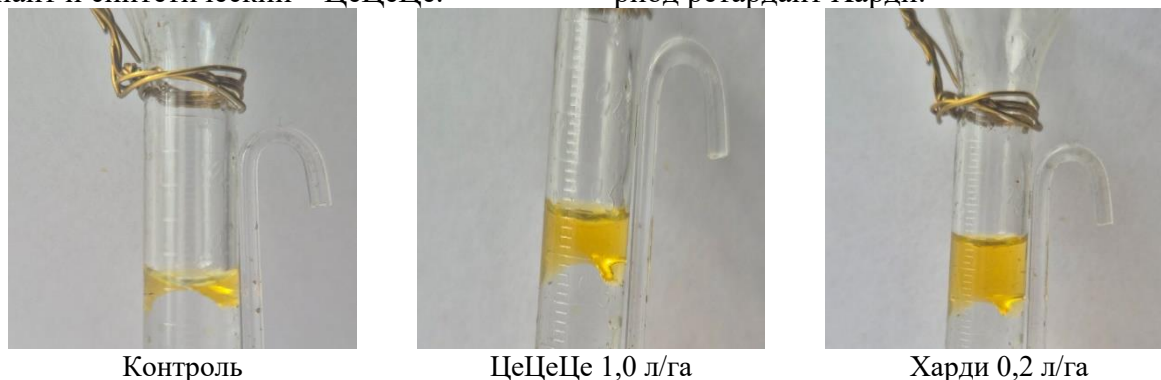


Рис. 1. Приемные устройства с количественным содержанием эфирного масла (2019-2020 гг.)
Fig. 1. Receiving devices with quantitative content of essential oil (2019-2020)

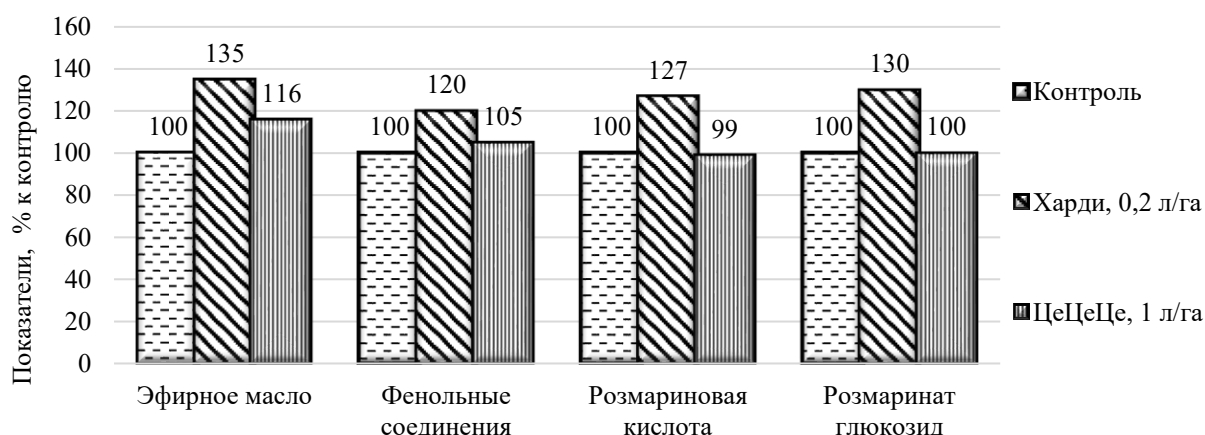


Рис. 2. Влияние ретарданта на содержание эфирного масла и действующих веществ в сырье змееголовника молдавского (2019-2020 гг.)

Fig. 2. The effect of the retardant on the essential oil content and active substances in *Dracocephalum moldavicum* raw material (2019-2020)

Согласно приведенным данным рисунка 3, наибольший прирост растений и их кустистости (количества побегов) относительно контроля к моменту обработки ретардантом наблюдались на варианте с обработкой бинарной смесью Абсолюта с Силиплантом – 15 и 17%. При внесении только Силипланта – на 10 и 12%, соответственно.

Усиление ростовых процессов привело к повышению урожайности сырья (табл. 1): на Силипланте – 12-13%, Абсолют + Силиплант – 18-19%. Харди не оказал влияния на урожайность, но увеличил содержание эфирного масла во всех вариантах опыта (29-33%). Такое управление продукцион-

ным процессом, при котором увеличивается урожайность и содержание эфирного масла, в конечном итоге обеспечило максимальный его сбор с гектара, повышение которого составило 48 и 58% соответственно.

Так как препарат Харди пока не внесен в перечень средств, утвержденных «Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов» для использования в РФ, в связи с чем его невозможно рекомендовать для применения. Данное обстоятельство обусловило дальнейшие исследования, направленные на поиск приемов повышения выхода эфирного масла из сырья змееголовника.

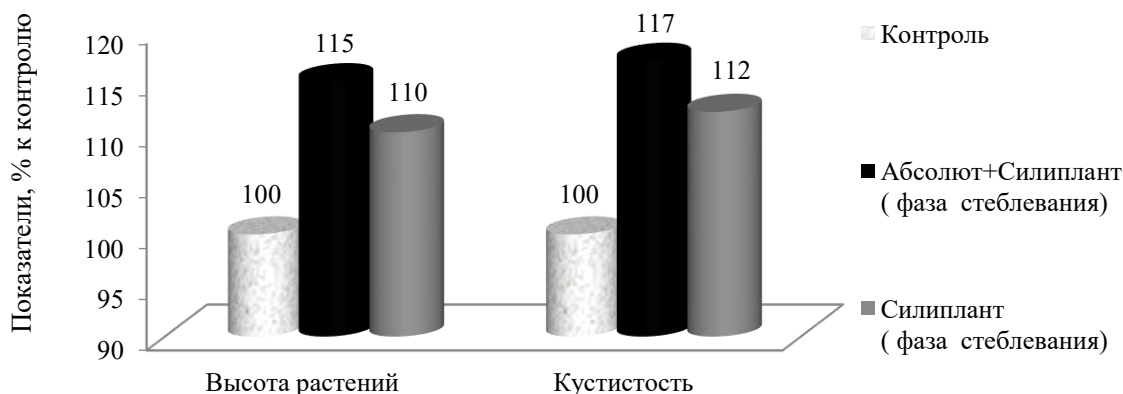


Рис. 3. Рост и развитие змееголовника молдавского при применении Силипланта и его комплекса с Абсолютом (2022-2023 гг.)

Fig. 3. Growth and development of *Dracocephalum moldavicum* when using Siliplant and its complex with Absolut (2022-2023)

Таблица 1. Эффективность применения удобрений и ретарданта на урожайность, содержание эфирного масла змееголовника молдавского и его сбор с гектара (2022-2023 гг.)
Table 1. Effectiveness of the use of fertilizers and retardant on the yield, essential oil content, and its collection per hectare of *Dracocephalum moldavicum* (2022-2023)

Вариант опыта	Урожайность сырья*	Содержание эфирного масла*	Сбор эфирного масла*
Контроль, (вода)	<u>3,02</u> -	<u>0,421±0,015</u> -	<u>12,7</u> -
Силиплант (стеблевание)	<u>3,41</u> 13	<u>0,432±0,015</u> 3	<u>14,7</u> 16
Абсолют + Силиплант (стеблевание)	<u>3,56</u> 18	<u>0,439±0,016</u> 4	<u>15,6</u> 23
Харди (бутонизация)	<u>3,01</u> 0	<u>0,543±0,019</u> 29	<u>16,3</u> 29
Силиплант (стеблевание) + Харди (бутонизация)	<u>3,38</u> 12	<u>0,556±0,020</u> 32	<u>18,8</u> 48
Абсолют + Силиплант (стеблевание)+ Харди (бутонизация)	<u>3,59</u> 19	<u>0,559±0,021</u> 33	<u>20,1</u> 58
НСР ₀₅	0,232	0,0832	0,68

* в числителе абсолютные значения урожайности сырья (воздушно-сухая) в т/га, содержания эфирного масла в % и его сбор с га в кг, в знаменателе – % к контролю

В литературных источниках приведены данные о том, что использование кремния и кремнийсодержащих удобрений способно интенсифицировать формирование репродуктивных органов, ускорить наступление фазы цветения у различных растений и увеличить число цветков на одном растении [14-15]. Для змееголовника это имеет особое значение, так как максимальное

накопление эфирного масла наблюдается именно в соцветиях.

На основании анализа этих данных, в 2024 и 2025 годах были заложены опыты по системному внесению баковых смесей (рис.4) органоминеральных удобрений Абсолют и ЭкоФус с Силиплантом в фазу стеблевания, а затем в фазу бутонизации Силипланта.



Стеблевание
(первая обработка)



Бутонизация-начало цветения
(вторая обработка)

Рис. 4. Внешний вид змееголовника молдавского в различные фазы при фоллиарных обработках удобрениями

Fig. 4. Appearance of *Dracocephalum moldavicum* at different stages during foliar fertilizer treatments

Климатические условия в период проведения опытов резко различались. Жаркая погода и низкий уровень осадков в 2024 году вызвали торможение роста и развития растений змееголовника, а также снижение урожайности в указанный период уменьшалась высота растений на 19,8 см, количество побегов на одном растении на 3-4 единицы относительно 2025 года, для которого были характерны оптимальные погодные условия.

Применение изучаемых комплексов в виде foliarных обработок, вне зависимости от погодных условий, обеспечивало увеличение показателей высоты змееголовника на 12-15 %, количество побегов – на 10-12 % (табл. 2) и более раннее наступление одной из ключевых этапов морфогенеза – цветение – (на 2-3 суток).

Комбинированное использование органоминеральных удобрений вместе с Силиплантом стимулировало усиление роста растений, что результативно повысило урожайность на 16-21%. На делянках, где Силиплант применялся только в период бутонизации, отмечался небольшой рост урожайности (5-6%), однако эти показатели статистически незначимы и находятся в пределах ошибки эксперимента. В течение всех лет исследований на всех опытных делянках внесение Силипланта в фазу бутонизации гарантировало рост концентрации эфирного масла на 10-11%.

Увеличение урожая и интенсивности синтеза эфирного масла в опытных вариантах повысило его суммарный сбор с одного гектара на 30-38%, а в варианте с единственным применением Силипланта – на 16-17% (табл. 3). Максимальные показатели урожайности и повышенный выход эфирного масла в опытных вариантах отмечались не только относительно контрольной группы, но и в сравнении с вариантом, где использовался только Силиплант. Это свидетельствует о высокой эффективности сочетания органоминеральных удобрений с микроудобрением.

При проведении сравнительного анализа массы листьев и соцветий на растениях зафиксированы более высокие показатели при двукратном использовании Силипланта, где превышение по сравнению с контролем составляет 29-30 и 22-24% соответственно (рис. 5). Полученные данные позволяли предполагать, что повышение содержания эфирного масла под влиянием Силипланта, применяемого в фазу бутонизации, происходит за счет увеличения массы соцветий и их структурного элемента (цветки). Такое действие микроудобрения может быть связано и с более активным потреблением под влиянием кремния, входящего в состав препарата, микроэлементов, особенно фосфора, калия и азота, необходимых для развития репродуктивных органов. Об этом есть подтверждение в литературе [12].

Таблица 2. Влияние органоминеральных удобрений и микроудобрения на рост и развитие змееголовника молдавского

Table 2. Effect of organomineral fertilizers and micronutrients on the growth and development of *Dracocephalum moldavicum*

Вариант опыта	Высота растений, см		Количество побегов, шт./раст.	
	2024 г.	2025 г.	2024 г.	2025 г.
Контроль, (вода)	<u>49,7±1,49</u> -	<u>69,5±2,51</u> -	<u>7,2±0,27</u> -	<u>10,6±0,45</u> -
[Силиплант + Абсолют] (стеблевание)	<u>57,2±1,84</u>	<u>77,8±2,93</u>	<u>8,1±0,31</u>	<u>11,7±0,49</u>
Силиплант (бутонизация)	15	12	12	10
[Силиплант + ЭкоФус] (стеблевание)	<u>56,7±1,87</u>	<u>77,5±2,91</u>	<u>8,0±0,31</u>	<u>11,8±0,52</u>
Силиплант (бутонизация)	14	12	11	11
Силиплант (бутонизации)	<u>51,2±1,59</u> 3	<u>72,3±2,62</u> 4	<u>7,5±0,28</u> 4	<u>10,7±0,44</u> 1

*в числителе абсолютные значения высоты растений и количество побегов, в знаменателе – % к контролю

Таблица 3. Влияние комплексов органоминеральных удобрений и микроудобрения на урожайность, содержание эфирного масла и его сбор с гектара по годам
Table 3. The effect of organomineral fertilizer complexes and micronutrients on yield, essential oil content, and its collection per hectare over the years

Вариант опыта	Урожайность, т/га		Содержание эфирного масла, %		Сбор эфирного масла, кг/га	
	2024 г.	2025 г.	2024 г.	2025 г.	2024 г.	2025 г.
Контроль, (вода)	<u>2,07</u> -	<u>3,39</u> -	<u>0,395</u> -	<u>0,428</u> -	<u>8,2</u> -	<u>14,5</u> -
[Силиплант + Абсолют] (стеблевание) + Силиплант (бутонизация)	<u>2,50</u> 21	<u>3,97</u> 17	<u>0,450</u> 14	<u>0,479</u> 12	<u>11,3</u> 38	<u>19,0</u> 31
[Силиплант + ЭкоФус] (стеблевание) + Силиплант (бутонизация)	<u>2,48</u> 20	<u>3,93</u> 16	<u>0,446</u> 13	<u>0,478</u> 12	<u>11,1</u> 35	<u>18,8</u> 30
Силиплант (бутонизации)	<u>2,20</u> 6	<u>3,56</u> 5	<u>0,438</u> 11	<u>0,471</u> 10	<u>9,6</u> 17	<u>16,8</u> 16
НСР ₀₅	0,214	0,398	0,0298	0,0086	0,97	1,39

* в числителе абсолютные значения урожайности, содержания эфирного масла и его сбор с га, в знаменателе – % к контролю

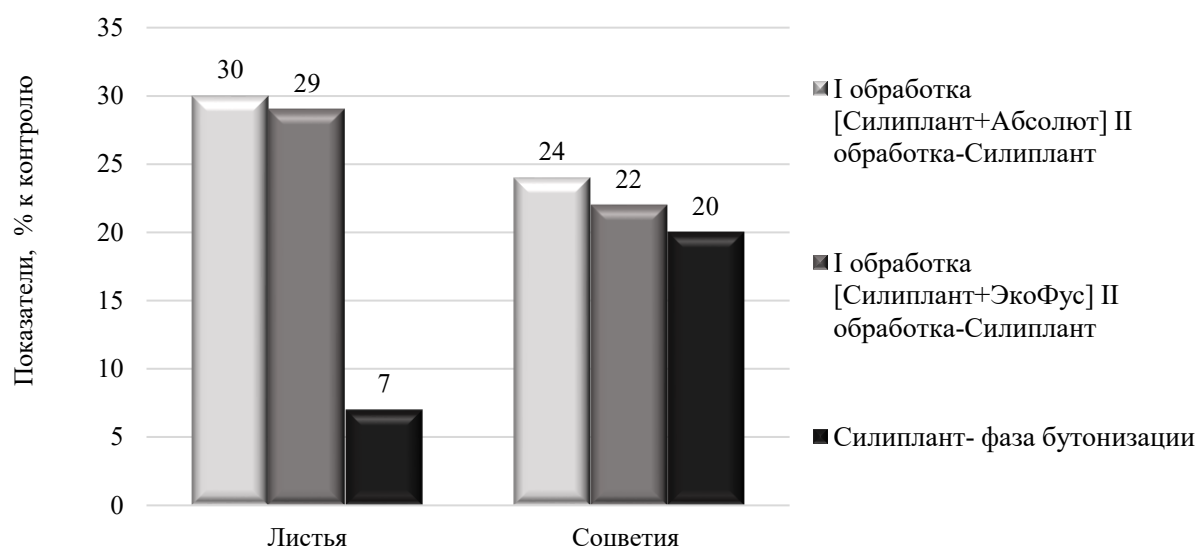


Рис. 5. Изменение показателей массы листьев и соцветий под влиянием Силипланта и его комплекса с органоминеральными удобрениями

Fig. 5. Changes in leaf and inflorescence mass under the influence of Siliplant and its complex with organomineral fertilizers

Сравнительный анализ результатов, полученных в различных погодных условиях, показал, что гидротермальный стресс (2024 г.) оказал выраженное негативное влияние на показатели. В контрольной группе потери урожайности лекарственного сырья достигли 39%, а выход эфирного масла снизился на 36% (рис. 6). В то же время опытные варианты, обработанные Силиплантом,

продемонстрировали заметное улучшение: потери урожайности сократились до 22-25%, а потери эфирного масла – до 10-15%.

Таким образом, путем экзогенной регуляции процессов роста и развития змееголовника можно обеспечить высокую урожайность и наибольший сбор эфирного масла с гектара при разных погодных условиях.

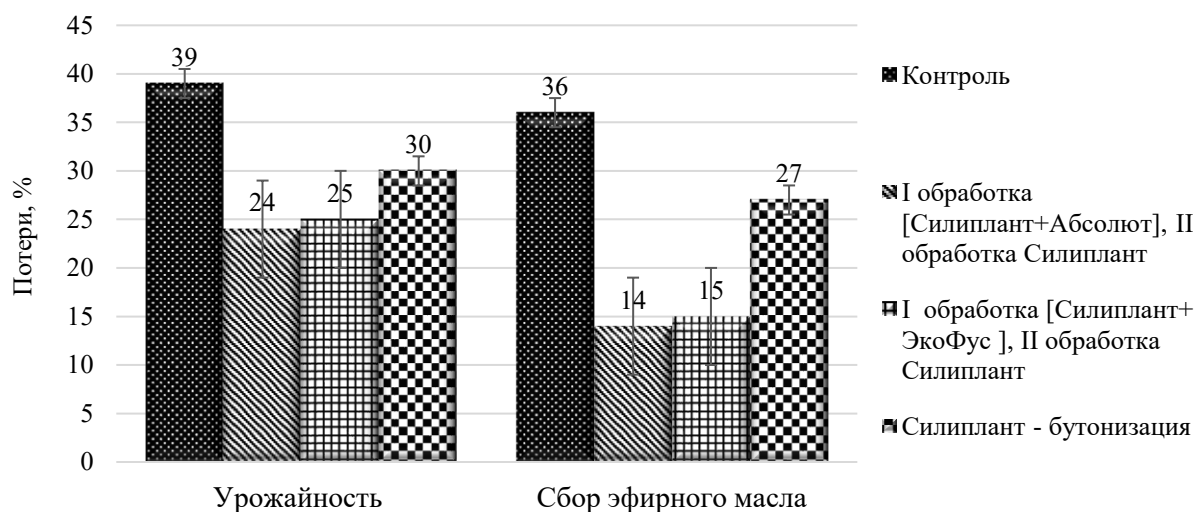


Рис. 6. Потери урожайности и сбора эфирного масла в условиях гидротермального стресса 2024 года

Fig. 6. Yield losses and essential oil collection under the hydrothermal stress conditions of 2024

Закключение

Проведенными исследованиями было установлено, что под влиянием ретарданта Харди наблюдается увеличение основных действующих веществ в сырье змееголовника – суммы фенольных соединений (20%) и розмариновой кислоты (27%).

Обработка змееголовника в фазу бутонизации ретардантом Харди 0,2 л/га или кремнийсодержащим микроудобрением Силиплант 0,8 л/га приводит к существенному увеличению содержания эфирного масла до 33 и 11 % соответственно. При этом Харди стимулирует накопление эфирного масла за счет торможения роста

растений в генеративную фазу, а Силиплант, наоборот, активизирует цветение растений, повышая массу листьев и соцветий.

Комбинированное использование органо-минеральных удобрений вместе с Силиплантом увеличило урожайность на 16-21%, на 12-14% содержания эфирного масла, что позволило повысить его суммарный сбор с одного гектара на 30-38%.

Применение Силипланта в сочетании с органо-минеральными удобрениями при засушливых погодных условиях позволили снизить потери эфиромасличного сырья на 14-17%, сбор эфирного масла на 21-26%.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Идентификация фенольных соединений змееголовника молдавского (*Dracocephalum moldavica* L.) / Игнатовец О.С. [и др.] // Труды БГТУ. 2020. № 1. С. 229-234.
2. Романова М.Г., Бузук А.Г. Изучение химического состава эфирного масла змееголовника молдавского (*Dracocephalum moldavica* L.), культивируемого в Витебской области // Вестник фармации. 2020. № 1 (87). С. 49-54.
3. Antioxidative and cardioprotective effects of total flavonoids extracted from *Dracocephalum moldavica* L. against acute Ischemia/reperfusion-induced myocardial injury in isolated rat heart / Jiang J. [et al.] // Cardiovascular Toxicology. 2014. Vol. 14, No. 1. P. 74-82. doi: 10.1007/s12012-013-9221-3.

4. Химический состав и биологическая активность сухого экстракта «Розматин» из травы змееголовника молдавского / Шейченко О.П. [и др.] // Химия растительного сырья. 2021. № 3. С. 253-264. DOI: 10.14258/jcpim.2021039161.
5. Подходы к стандартизации травы змееголовника / Коняева Е.А. [и др.] // Фармация. 2025. Т. 74, № 3. С. 13-20. DOI: <https://doi.org/10.29296/25419218-2025-03-02>.
6. Приемы повышения урожайности и их влияние на качество сырья и семян змееголовника молдавского / Тоцкая С.А. [и др.] // Агрохимический вестник. 2019. № 6. С. 37-41. DOI 10.24411/0235-2516-2019-10088.
7. Изучение влияния регуляторов роста и микроудобрений на биопродуктивность *Polemonium Caeruleum* L. / Хазиева Ф.М. [и др.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Т. 14, № 3. С. 90-104. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-90-104.
8. Effect of biostimulant and silica application on sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) production / Anggraeni L.W. [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing. 2022. Vol. 974, No. 1. P. 012-077. DOI: 10.1088/1755-1315/974/1/012077.
9. Применение органоминеральных и микроудобрений для повышения продуктивности эфиромасличных культур / Морозов А.И. [и др.] // Масличные культуры. 2020. № 4. С. 45-51.
10. Паспорт агрохимического состояния полей. Краснодар: Центр агрохимической службы «Краснодарский», 2023.
11. Эффективность природного ретарданта Харди на змееголовнике молдавском / Тропина Н.С. [и др.] // Таврический вестник аграрной науки. 2016. № 3 (7). С. 42-49.
12. Маланкина Е.Л., Шатилова Т.И., Романова Н.Г. Влияние ретарданта Харди на продуктивность и биохимический состав сырья змееголовника молдавского // Плодородие. 2022. № 3 (108). С. 17-19.
13. Шаин С.С. Экзогенная регуляция накопления биологически активных веществ лекарственными и эфиромасличными растениями как способ формирования максимальной биопродуктивности в онтогенезе // Сельскохозяйственная биология. 1996. № 3. С. 68-82.
14. Перспективы использования кремниевых препаратов в сельском хозяйстве (обзор научной литературы) / Матыченков В.В. [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2022. № 1. С. 219-234. [doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1\(68\)-219-234](https://doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-219-234).
15. Лапушкин В.М., Добрин П.В. Влияние кремнийсодержащих удобрений на урожай томата и огурца при малообъемной технологии выращивания // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 5-19. doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-5-19.

REFERENCES

1. Identification of phenolic compounds of Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) / Ignatovets O.S. [et al.] // Proceedings of BSTU. 2020. No. 1. P. 229-234.
2. Romanova M.G., Buzuk A.G. Study of the chemical composition of the essential oil of Moldavian dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.), cultivated in the Vitebsk region // Bulletin of Pharmacy. 2020. No. 1 (87). P. 49-54.
3. Antioxidant and cardioprotective effects of total flavonoids extracted from *Dracocephalum moldavica* L. against acute ischemia/reperfusion-induced myocardial injury in isolated rat heart / Jiang J. [et al.] // Cardiovascular Toxicology. 2014. Vol. 14, No. 1. P. 74-82. doi: 10.1007/s12012-013-9221-3.
4. Chemical composition and biological activity of the dry extract "Rozmatin" from the herb of Moldavian dragonhead / Sheichenko O.P. [et al.] // Chemistry of plant raw materials. 2021. No. 3. P. 253-264. DOI: 10.14258/jcpim.2021039161.
5. Approaches to the standardization of dragonhead herb / Konyaeva E.A. [et al.] // Pharmacy. 2025. Vol. 74, No. 3. P. 13-20. DOI: <https://doi.org/10.29296/25419218-2025-03-02>.
6. Methods for increasing yields and their impact on the quality of raw materials and seeds of Moldavian dragonhead / Totskaya S.A. [et al.] // Agrochemical Bulletin. 2019. No. 6. P. 37-41. DOI 10.24411/0235-2516-2019-10088.
7. Study of the influence of growth regulators and microfertilizers on the bioproductivity of *Polemonium Caeruleum* L. / Khazieva F.M. [et al.] // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Vol. 14, No. 3. P. 90-104. DOI: 10.12731/2658-6649-2022-14-3-90-104.

8. Effect of biostimulant and silica application on sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) production / Anggraeni L.W. [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing. 2022. Vol. 974, No. 1. P. 012-077. DOI: 10.1088/1755-1315/974/1/012077.
9. Application of organomineral and microfertilizers to increase the productivity of essential oil crops / Morozov A.I. [et al.] // Oilseeds. 2020. No. 4. P. 45-51.
10. Passport of agrochemical condition of fields. Krasnodar: Centre of agrochemical service «Krasnodar», 2023.
11. Efficiency of natural retardant Hardy on Moldavian dragonhead / Tropina N.S. [et al.] // Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science. 2016. No. 3 (7). P. 42-49.
12. Malankina E.L., Shatilova T.I., Romanova N.G. Influence of retardant Hardy on the productivity and biochemical composition of Moldavian dragonhead raw materials // Plodorodie. 2022. No. 3 (108). P. 17-19.
13. Shain S.S. Exogenous regulation of the accumulation of biologically active substances by medicinal and essential oil plants as a way to form maximum bioproductivity in ontogenesis // Agricultural biology. 1996. No. 3. P. 68-82.
14. Prospects for the use of silicon preparations in agriculture (review of scientific literature) / Matychenkov V.V. [et al.] // Soil science and agrochemistry. 2022. No. 1. P. 219-234. doi.org/10.47612/0130-8475-2022-1(68)-219-234.
15. Lapushkin V.M., Dobrin P.V. The effect of silicon-containing fertilizers on the yield of tomatoes and cucumbers with low-volume cultivation technology // Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. 2023. No. 1. P. 5-19. doi.org/10.26897/0021-342X-2023-1-5-19.

Информация об авторах / Information about the authors

Быкова Ольга Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (Северо-Кавказский филиал); 353225, Российская Федерация, Краснодарский край, Динской район, ст. Васюринская, п. ЗОС ВНИИЛР, e-mail: krasnodarvilar@gmail.com

Тропина Нина Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (Северо-Кавказский филиал); 353225, Российская Федерация, Краснодарский край, Динской район, ст. Васюринская, п. ЗОС ВНИИЛР

Тхаганов Руслан Рамазанович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений» (Северо-Кавказский филиал); 353225, Российская Федерация, Краснодарский край, Динской район, ст. Васюринская, п. ЗОС ВНИИЛР

Olga A. Bykova, PhD (Agr.), Researcher, All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (The North Caucasus Branch); 353225, the Russian Federation, the Krasnodar Territory, Dinskoy District, Vasyurinskaya village, ZOS VNIILR, e-mail: krasnodarvilar@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6032-2357>, e-mail: krasnodarvilar@gmail.com

Nina S. Tropina, PhD (Agr.), Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (The North Caucasus Branch); 353225, the Russian Federation, the

Krasnodar Territory, Dinskoy District, Vasyurinskaya village, ZOS VNIILR, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2457-0609>

Ruslan R. Thaganov, PhD (Agr.), Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (The North Caucasus Branch); 353225, the Russian Federation, the Krasnodar Territory, Dinskoy District, Vasyurinskaya village, ZOS VNIILR, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2834-3131>

Заявленный вклад соавторов

Ольга Алексеевна Быкова – концептуализация, администрирование проекта, руководство исследованием, подбор литературных источников.

Нина Сергеевна Тропина – создание черновика рукописи, проведение исследования, создание рукописи и ее редактирование.

Руслан Рамазанович Тхаганов – концептуализация, методология, создание черновика рукописи, проведение исследования, создание рукописи и ее редактирование.

Claimed contribution of the authors

Olga A. Bykova – conceptualization, project administration, research supervision, and literary selection.

Nina S. Tropina – manuscript drafting, research, manuscript creation, and editing.

Ruslan R. Thaganov – conceptualization, methodology, manuscript drafting, research, manuscript creation, and editing.

Поступила в редакцию 30.03.2026

Поступила после рецензирования 29.04.2026

Принята к публикации 05.05.2026

Received 30.03.2026

Revised 29.04.2026

Accepted 05.05.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-92-105>

УДК 633.14 «324»:631.559



Сравнительная оценка ростовых процессов и урожайности сортов пшеницы озимой в зависимости от элементов технологии

А.А. Квашин¹, Н.Н. Нецадим^{1,2}, Н.И. Мамсиров✉²,
А.В. Коваль¹, М.М. Сазоненко¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»;
г. Краснодар, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»;
г. Майкоп, Российская Федерация,
✉ nur.urup@mail.ru

Аннотация. Введение. В условиях изменений климата критически важно обеспечить стабильно высокую урожайность зерна озимой пшеницы и её устойчивость к внешним воздействиям. Данное исследование направлено на решение этой задачи путём корректировки некоторых приемов зональных агротехнологий возделывания озимой пшеницы и выбора наиболее перспективных сортов, что и определяет его актуальность. **Объект и методы исследования.** Полевые исследования проводились в 2023-2025 гг. на опытном поле в центральной зоне Краснодарского края в соответствии с Методикой полевого опыта по Б.А. Доспехову. Материалом для изучения служили пять сортов озимой пшеницы кубанской селекции (Алексеич, Таня, Агрофак 100, Классика, Еланчик). Схема опыта включала варианты обработки почвы (вспашка (контроль), комбинированную). Повторность опыта – четырехкратная. Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета программ Statistica. **Цель исследования.** Изучить влияние различных способов основной обработки почвы на формирование фотосинтетического потенциала и урожайность зерна пяти сортов озимой пшеницы. **Результаты и обсуждение.** Установлено, что способы обработки почвы оказывали существенное влияние на фотосинтетическую деятельность растений озимой пшеницы в течение вегетации. Максимальные показатели площади листьев и фотосинтетического потенциала (на уровне 2700-3020 тыс. м²/га × сут.) отмечены у сортов озимой пшеницы Алексеич, Классика, Еланчик на варианте с комбинированным приемом обработки почвы. В среднем за годы исследований максимальная урожайность зерна озимой пшеницы была получена при возделывании сорта Алексеич, Таня, Еланчик по поверхностной обработке, что достоверно превышало контроль. Корреляционный анализ подтвердил тесную связь между величиной фотосинтетического потенциала и уровнем урожайности зерна озимой пшеницы.

Ключевые слова: пшеница озимая, сорт, вспашка, комбинированная обработка почвы, фотосинтетический потенциал, период вегетации, урожайность, коэффициент корреляции, доля влияния фактора, статистический анализ

Для цитирования: Квашин А.А., Нецадим Н.Н., Мамсиров Н.И., Коваль А.В., Сазоненко М.М. Сравнительная оценка ростовых процессов и урожайности сортов пшеницы озимой в зависимости от элементов технологии. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (2):92-105. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-92-105>

Comparative assessment of growth processes and yield of winter wheat varieties depending on technological elements

A.A. Kvashin¹, N.N. Neshchadim^{1,2}, N.I. Mamsirov✉²,
A.V. Koval¹, M.M. Sazonenko¹

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin;
Krasnodar, the Russian Federation

²Maykop State Technological University;
Maikop, the Russian Federation,
✉nur.urup@mail.ru

Abstract. Introduction. In the context of climate change, it is critical to ensure a consistently high grain yield of winter wheat and its resilience to external influences. The research aims at solving this problem by adjusting some zonal agricultural technologies for winter wheat cultivation and selecting the most promising varieties, which determines its relevance. **The object and methods of research.** Field studies were conducted in 2023-2025 on an experimental field in the central zone of the Krasnodar Territory in accordance with the Field Experiment Methodology according to B.A. Dospekhov. Five varieties of winter wheat bred in Kuban (*Alekseich*, *Tanya*, *Agrofak 100*, *Klassika*, *Elanchik*) were investigated. The experimental design included soil cultivation options (plowing (control), combined). The experiment was replicated four times. Statistical data processing was performed by the analysis of variance method using the Statistica software package. **The goal of the research** was to study the effect of different primary tillage methods on the development of photosynthetic potential and grain yield of five winter wheat varieties. **The results and discussion.** It was found that soil tillage methods had a significant impact on the photosynthetic activity of winter wheat plants during the growing season. Maximum leaf area and photosynthetic potential (at a level of 2700-3020 thousand m²/ha × day) were observed in the *Alekseich*, *Klassika*, and *Elanchik* winter wheat varieties under combined tillage methods. On average, over the years of the research, the highest winter wheat grain yield was obtained when the *Alekseich*, *Tanya*, and *Elanchik* varieties were grown under surface tillage, significantly exceeding the control. Correlation analysis confirmed a close relationship between photosynthetic potential and grain yield in winter wheat.

Keywords: winter wheat, variety, plowing, combined tillage, photosynthetic potential, growing season, yield, correlation coefficient, factor influence, statistical analysis

For citation: Kvashin, A.A., Neshchadim, N.N., Mamsirov, N.I., Koval, A.V., Sazonenko, M.M. Comparative assessment of growth processes and yield of winter wheat varieties depending on technological elements. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2):92-105. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-92-105>

Введение. Озимая пшеница является ключевой продовольственной культурой в стране. В условиях меняющегося климата и интенсификации земледелия особое значение приобретает подбор адаптивных сортов и оптимизация технологии их возделывания, в частности, системы основной обработки почвы применения удобрений для максимальной реализации потенциала продуктивности и эффективного использования фотосинтетически активной радиации [1-5].

Качественная предпосевная обработка почвы является основополагающим усло-

вием получения стабильно высоких урожаев. Ее главные агротехнические задачи – оптимизация структуры почвы, создание благоприятной среды для прорастания семян и активизация микробиологической деятельности, что в совокупности обеспечивает сбалансированный водно-воздушный режим и корневое питание растений [6, с. 7-8]. Выбор способа и глубины обработки напрямую диктуется физико-механическими свойствами почвы. При этом методы воздействия на почву должны быть адаптированы к местным климатическим

условиям, типу севооборота и биологическим особенностям возделываемой культуры [8-9]. Так, в засушливых зонах Ставрополья эффективность показывает дифференцированная обработка, а в отдельные годы – поверхностная [10].

Особую значимость озимая пшеница приобретает для Краснодарского края. Здесь она является не просто доминирующей культурой (ежегодно занимая свыше 1,6 млн. га пашни), но и фундаментом региональной экономики, символом агропромышленного потенциала Кубани. Возделывание пшеницы в регионе базируется на многовековых традициях и тесно связано с деятельностью ведущего научного центра (ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), обеспечивающего аграриев семенами отечественной селекции. В связи с этим приоритетной задачей становится разработка экономически обоснованных элементов агротехники для новых перспективных сортов [11-13], что позволит укрепить продовольственную безопасность и экономическую стабильность региона [14-16].

Цель исследования. Цель научной работы состояла в изучении приемов обработки почвы на содержание фотосинтетического потенциала и урожайность сортов пшеницы озимой.

Методы исследования. Объектом исследования послужили сорта озимой пшеницы селекции ФГБНУ «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко». Опыт был заложен по схеме двухфакторного полевого эксперимента. В качестве факторов рассматривались: фактор А – прием основной обработки почвы, фактор В – сорт.

Предшественником культуры являлась кукуруза на зерно. Посев осуществляли с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га в оптимальные для данной почвенно-климатической зоны сроки. Глубина заделки семян составляла до 4,5 см. Размер делянки – 60 × 22 м.

После уборки кукурузы проводили двукратное дисковое лущение на глубину 6-8 см. По завершении лущения вносили мине-

ральные удобрения в виде аммофоса в дозе 80 кг/га. В варианте с отвальной обработкой почвы выполняли вспашку (глубина 20-22 см) с последующим дисковым лущением. В варианте комбинированной (поверхностной) обработки осуществляли двукратное дисковое лущение на глубину до 8 см.

За годы исследований в посевах озимой пшеницы отмечались такие сорняки, как амброзия полыннолистная, подмаренник цепкий, мак-самосейка, вьюнок полевой. В борьбе с ними применялись гербициды Примадонна в дозе 0,6 л/га + Гранат в дозе 15 г/га.

Учет урожайности проводили по делянкам с приведением массы зерна к стандартной влажности 14% в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли методами дисперсионного и регрессионного анализа по Б.А. Доспехову с использованием программного обеспечения STATISTICA.

Результаты. Сортные различия сохранялись при обоих приемах обработки почвы. Так, наибольшими значениями фотосинтетического потенциала (ФП) стабильно характеризовался сорт Еланчик, за которым следовал сорт Классика; наименьшие значения отмечены у сорта Агрофак 100. Это указывает на генетически обусловленные различия в способности сортов формировать и поддерживать высокую ассимиляционную поверхность в критический период онтогенеза (от кущения до молочной спелости) (рис. 1).

Нами установлено, что комбинированная обработка почвы в сочетании с использованием сортов с высоким фотосинтетическим потенциалом (Еланчик, Классика) является более эффективной с точки зрения формирования продуктивного агрофитоценоза озимой пшеницы.

На рисунке 2 отображена переменность коэффициента корреляции, отражающего связь между величиной фотосинтетического потенциала агроценоза в фазу «колошение – молочная спелость» и итого-

вой продуктивностью сортов пшеницы в условиях различных систем обработки почвы. Установлено, что характер воздействия на почву существенно модулирует тесноту данной зависимости.

При применении традиционной вспашки корреляция характеризуется как умеренно высокая, с диапазоном значений 0,60-0,75. Максимальные показатели связи

в этом агрофоне зафиксированы у сорта Классика, а также у сортов Алексеич и Таня, что демонстрирует существенный вклад фотосинтетической деятельности в формирование урожая данных генотипов. Для сорта Еланчик характерна несколько менее тесная зависимость (около 0,70), тогда как минимальное значение корреляции выявлено у сорта Агрофак 100 (порядка 0,60).

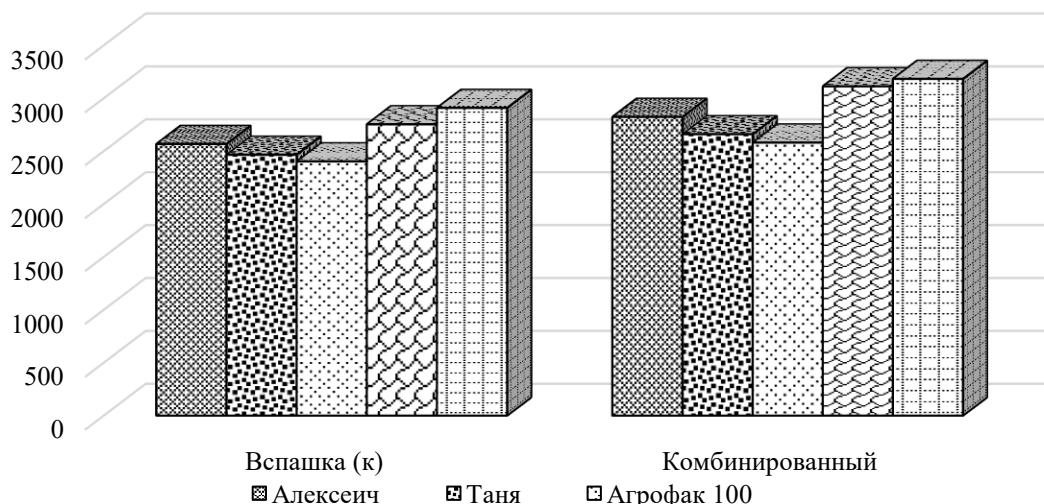


Рис. 1. Величина фотосинтетического потенциала сортов пшеницы озимой при различных приемах подготовки почвы, тыс. м²/га × сутки (среднее 2023-2025 гг., в период кущение – молочная спелость)

Fig. 1. The value of photosynthetic potential of winter wheat varieties under different soil preparation methods, thousand m²/ha × day (average 2023-2025, during the tillering – milk ripeness period)

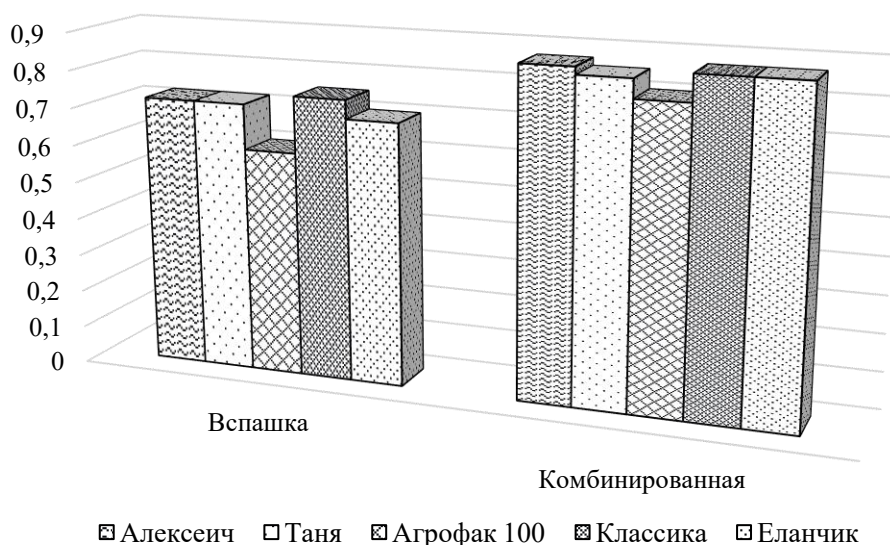


Рис. 2. Зависимость коэффициента корреляции «фотосинтетический потенциал – урожайность» у сортов пшеницы от обработки почвы, среднее за 2023-2025 гг.

Fig. 2. Dependence of the “photosynthetic potential – yield” correlation coefficient for wheat varieties on soil cultivation, average for 2023-2025

Переход к комбинированной обработке почвы приводит к интенсификации корреляционной связи по всем изучаемым позициям. Коэффициенты корреляции достигают значений 0,80-0,87, что квалифицируется как высокая и стабильная зависимость. Наибольшая теснота связи отмечена для сортов Алексеич, Классика и Еланчик, что указывает на доминирующую роль эффективности фотосинтеза на урожайность в данных условиях. У сортов Таня и Агрофак 100, несмотря на несколько более низкие абсолютные величины, корреляция также сохраняется на высоком статистическом уровне.

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что применение комбинированной системы обработки почвы способствует усилению сопряженности между фотосинтетическим потенциалом посевов в критический период колошение-молочная спелость и уровнем их урожайности. Наблюдаемое явление обусловлено более эффективной реализацией биологического потенциала растений и повышением продуктивности фотосинтезирующей системы агроценоза при данном способе основной обработки.

На фоне комбинированной обработки фотосинтетический потенциал за период «кущение (весна) – молочная спелость» в среднем по всем сортам оказался выше на 12-18% по сравнению со вспашкой (табл. 1).

Наибольшая разница в пользу комбинированной обработки наблюдается в период трубкавание – колошение и колошение – молочная спелость. На варианте с комбинированной обработкой (особенно у сортов Классика и Еланчик) он достигает максимальных значений (1547 и 1148 тыс. м²/га × сутки соответственно), превышая вспашку.

Сорта проявили четкую дифференциацию по способности формировать ассимиляционную поверхность. В условиях достаточного увлажнения 2024 года сорта *Еланчик* и *Классика* показывают максимальную отзывчивость на улучшение фона (комбинированную обработку).

Так, за весь период вегетации Еланчик на комбинированной обработке сформировал ФП 3486,4 тыс. м²/га × сутки. Классика также показывает очень высокие значения (3367 на комбинированной обработке). Менее отзывчивый сорт на приемы подготовки почвы был сорт *Агрофак 100* – он показывал наименьшие значения ФП на обоих фонах обработки.

Таблица 1. Динамика фотосинтетического потенциала сортов пшеницы озимой при различных приемах подготовки почвы, тыс. м²/га. × сутки (2024 г.)

Table 1. Dynamics of photosynthetic potential of winter wheat varieties under different soil preparation techniques, thousand m²/ha × day (2024)

Прием обработки почвы (фактор А)	Сорт (фактор В)	Межфазный период			
		кущение (весна) – трубкавание	трубкавание – колошение	колошение – молочная спелость	кущение (весна) – молочная спелость
Вспашка(к)	Алексеич	710,5	1103,8	840,7	2655,0
	Таня	699,8	1005,4	800,5	2505,7
	Агрофак 100	690,5	973,5	795,4	2459,4
	Классика	728,6	1247,8	905,7	2882,1
	Еланчик	740,5	1303,4	914,8	2958,7
Комбинированный (поверхностный)	Алексеич	750,3	1311,4	880,7	2942,4
	Таня	740,3	1201,8	843,5	2785,6
	Агрофак 100	740,1	1101,3	840,1	2681,5
	Классика	790,0	1473,5	1103,8	3367,3
	Еланчик	790,5	1547,2	1148,7	3486,4
НСР _{0,05}					20,23

Видно, что комбинированная (поверхностная) обработка оказалась эффективнее вспашки и сорта быстрее достигают пиковых значений в фазу «трубкование-колошение» и дольше удерживают высокую фотосинтетическую активность в период налива зерна («колошение – молочная спелость»).

Наибольший прирост фотосинтетического потенциала от смены обработки почвы получили сорта Еланчик и Классика. Сорт Агрофак 100 показал наименьшую динамику, что делает его менее предпочтительным для интенсивных технологий возделывания в условиях, аналогичных 2024 году.

В 2025 г. вегетационный период озимой пшеницы протекал в условиях пониженного увлажнения и повышенного температурного фона в летние месяцы, что оказало существенное влияние на формирование ассимиляционной поверхности посевов и величину фотосинтетического потенциала (ФП).

Нами установлено, что независимо от приема обработки почвы максимальные значения ФП формировались в межфазный период «трубкование – колошение», что связано с интенсивным нарастанием листовой поверхности и наибольшей активностью фотосинтетического аппарата в данный этап органогенеза. При этом при комбинированной (поверхностной) обработке почвы значения ФП во всех сортах были выше, чем при вспашке, что свидетельствует о более благоприятных условиях

влагообеспечения и сохранения структуры почвы в засушливый год.

В период «кущение (весна) – трубкование» ФП варьировал от 680 до 728 тыс. м²/га×сутки при вспашке и от 730,1 до 796 тыс. м²/га×сутки при комбинированной обработке. Наиболее высокие значения отмечены у сортов Еланчик и Классика, что указывает на их лучшую способность к раннему формированию листового аппарата в условиях весеннего дефицита влаги (табл. 2).

В фазу «трубкование – колошение» зафиксировано резкое увеличение ФП: при вспашке – до 1031-1378 тыс. м²/га×сутки, при комбинированной обработке – до 1114-1473 тыс. м²/га×сутки. Наиболее высокий фотосинтетический потенциал стабильно формировал сорт Еланчик, что характеризует его как наиболее адаптивный к условиям повышенных температур и ограниченного водоснабжения.

В межфазный период «колошение – молочная спелость» наблюдалось снижение ФП у всех сортов, обусловленное ускоренным старением листьев и преждевременным отмиранием ассимиляционной поверхности в условиях жаркого и засушливого лета 2025 г. Однако при комбинированной обработке почвы снижение носило менее выраженный характер, что, вероятно, связано с лучшим сохранением почвенной влаги и более стабильным водным режимом растений.

Таблица 2. Изменение фотосинтетического потенциала сортов пшеницы озимой при различных приемах подготовки почвы, тыс. м²/га. × сутки (2025 г.)

Table 2. Changes in the photosynthetic potential of winter wheat varieties under different soil preparation techniques, thousand m²/ha × day (2025)

Прием обработки почвы (фактор А)	Сорт (фактор В)	Межфазный период			
		кущение (весна) – трубкование	трубкование – колошение	колошение – мо- лочная спелость	кущение (весна) – молочная спелость
Вспашка(к)	Алексеич	720,8	1113,4	700,3	2534,5
	Таня	700,3	1078,5	713,8	2492,6
	Агрофак 100	680,5	1031,4	690,5	2402,4
	Классика	705,8	1203,7	760,3	2669,8
	Еланчик	728,3	1378,4	765,4	2872,1
Комбинированный (поверхностный)	Алексеич	750,2	1240,7	743,1	2734,0
	Таня	730,1	1114,5	728,4	2573,0
	Агрофак 100	730,8	1123,7	700,1	2554,6
	Классика	780,5	1400,8	805,4	2986,7
	Еланчик	796,4	1473,5	815,6	3058,5

Нами установлено, что в условиях недостатка осадков и повышенных температур 2025 г. комбинированная (поверхностная) обработка почвы способствовала формированию более высокого фотосинтетического потенциала у всех изучаемых сортов озимой пшеницы. Наиболее адаптивными к стрессовым гидротермическим условиям оказались сорта Еланчик и Классика, которые характеризовались наибольшими значениями ФП во всех межфазных периодах, что указывает на их повышенную устойчивость к засухе и тепловому стрессу.

В целом комбинированный прием обработки почвы обеспечил более высокую урожайность по всем изучаемым сортам по сравнению с традиционной вспашкой. Это указывает на более благоприятные агрофизические и водно-воздушные условия почвы при комбинированной обработке, что положительно отразилось на формировании урожая (рис. 3).

При вспашке (к) урожайность варьировала в пределах 7,34-7,92 т/га. Высокую урожайность показали сорта Алексеич и Таня. Более низкие значения отмечены у сортов

Классика и Агрофак 100. При комбинированной обработке почвы уровень урожайности существенно повышался и составлял 7,65-8,18 т/га. Максимальные показатели зафиксированы у сортов Алексеич и Таня, а также у сорта Еланчик. Нами установлено, что комбинированная обработка почвы является более эффективным агроприемом для повышения урожайности озимой пшеницы независимо от сорта. При этом сорта Алексеич, Таня и Еланчик демонстрируют наивысший продуктивный потенциал.

Математический анализ урожайности показал преимущество комбинированной обработки по сравнению со вспашкой (табл. 3).

Нами установлено, что во все годы исследований комбинированная обработка почвы обеспечивала статистически значимое повышение урожайности по всем изучаемым сортам. В 2023 г. разница средних варьировала от -0,20 до -0,40 т/га. Наибольший эффект отмечен у сорта Классика и Еланчик (табл. 3). В 2024 году также отмечен положительный эффект комбинированной обработки.

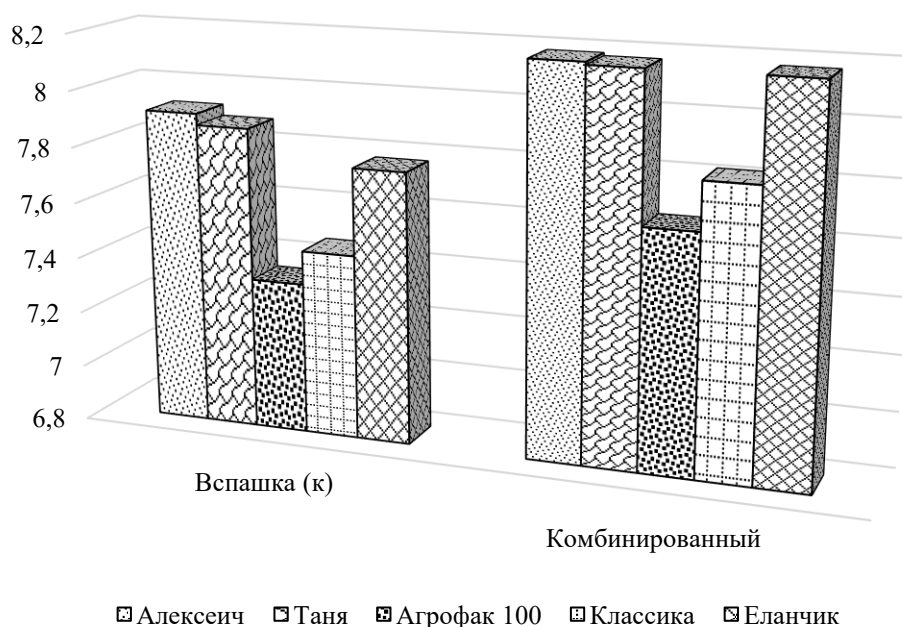


Рис. 3. Средняя урожайность зерна озимой пшеницы (2023-2025 гг.) в зависимости от технологии обработки почвы, т/га

Fig. 3. Average grain yield of winter wheat (2023-2025) depending on soil cultivation technology, t/ha

Таблица 3. Сравнительный анализ урожайности сортов пшеницы озимой при различных приемах основной обработки почвы (вспашка – комбинированная)

Table 3. Comparative analysis of the yield of winter wheat varieties under various methods of primary soil cultivation (plowing – combined)

Сорт	Разница средних (вспашка – комбинированная)	t-критерий	p-уровень
2023 г.			
Алексеич	-0,20	-3,15	0,005
Таня	-0,22	-3,47	0,0024
Агрофак 100	-0,20	-3,20	0,0045
Классика	-0,4	-6,30	<0,001
Еланчик	-0,31	-4,88	<0,001
2024 г.			
Алексеич	-0,38	-7,08	<0,0001
Таня	-0,36	-6,71	<0,0001
Агрофак 100	-0,25	-4,66	0,0002
Классика	-0,25	-4,66	0,0002
Еланчик	-0,48	-8,94	<0,0001
2025 г.			
Алексеич	-0,22	-2,138	0,0451
Таня	-0,28	-2,720	0,0132
Агрофак 100	-0,37	-3,595	0,0018
Классика	-0,24	-2,332	0,0303
Еланчик	-0,43	-4,178	0,0005

Примечание: отрицательный знак условность, свидетельствует, что комбинированная обработка лучше, чем вспашка

Результаты 2025 года показали преимущество комбинированной обработки над вспашкой, однако величина эффекта в целом была несколько ниже, чем в другие годы. Это определяется малым количеством осадков и высокой температурой в течении вегетации.

В условиях 2024 года урожайность сортов озимой пшеницы в опыте определялась как особенностями генотипа, так и приемом основной обработки почвы. В среднем по фактору А более высокую продуктивность обеспечил комбинированный прием

обработки, при котором урожайность составила 8,4 т/га, тогда как при вспашке она была ниже. Разница свидетельствует о достоверном преимуществе комбинированной обработки (табл. 4).

Существенные различия установлены и между сортами. Наибольшая средняя урожайность отмечена у сортов Алексеич (8,7 т/га) и Таня (8,6 т/га). Различия сортовой изменчивости составило 1,1 т/га, что указывает на выраженную роль биологических особенностей сортов в реализации урожайного потенциала.

Таблица 4. Изменение урожайности сортов пшеницы озимой при различных приемах обработки почвы, т/га (2024 г.)

Table 4. Changes in the yield of winter wheat varieties under different tillage methods, t/ha (2024)

Прием обработки почвы (фактор А)	Сорт (фактор В)					Среднее А НСР _{0,04}
	1	2	3	4	5	
Вспашка(к)	8,5	8,4	7,5	7,9	8,1	8,1
Вспашка(к)	8,5	8,4	7,5	7,9	8,1	8,1
Среднее В – НСР _{0,09}	8,7	8,6	7,6	8,0	8,3	Хср.8,2

Для средних АВ НСР=0,12

Примечание: 1 – Алексеич, 2 – Таня, 3 – Агрофак 100, 4 – Классика, 5 – Еланчик

Максимальная урожайность в опыте получена у сорта Алексеич при комбинированной обработке почв (8,9 т/га), близкий результат отмечен у сорта Таня (8,8 т/га). Результаты наших исследований показали, что в условиях 2024 г. наиболее эффективным агроприемом была комбинированная обработка почвы, обеспечившая устойчивое повышение урожайности всех изученных сортов.

В 2024 г., при увлажнении, близком к среднегодовому, варьирование урожайности озимой пшеницы формировалась преимущественно за счет сортовых особенностей, тогда как технологические факторы были меньше, хотя и статистически играли значимую роль. По данным дисперсионного анализа, наибольшая доля влияния приходилась на фактор В (сорт) и составляла 82,5%, что свидетельствует о решающем значении генетически обусловленного потенциала продуктивности в реализации урожая в условиях этого года (рис. 4).

Влияние фактора А (прием обработки почвы) составило 15,1%, что указывает на меньшую по сравнению с сортом роль агротехнического приема в формировании урожайности. Доля взаимодействия факто-

ров АВ была минимальной и составила лишь 1,0%. Иными словами, различия между сортами по урожайности сохранялись достаточно устойчиво независимо от изучаемого агроприема, а сами приемы обработки не вызывали принципиального перераспределения рангов продуктивности между сортами. На неучтенные факторы приходилось 1,4%, что является низким значением. Результаты нашего анализа показывают, что в условиях 2024 г. урожайность озимой пшеницы в первую очередь определялась биологическими особенностями сорта, тогда как прием обработки почвы выполнял роль важного, но вторичного регулятора продуктивности.

В 2025 году формирование урожайности озимой пшеницы происходило в условиях недостаточного увлажнения и повышенных температур в летний период, что обусловило существенную перестройку структуры влияния изучаемых факторов. В отличие от более благоприятного по влагообеспеченности 2024 г., в рассматриваемом году наблюдалось сближение роли сортовых и агротехнических приемов на продуктивность (рис.5).

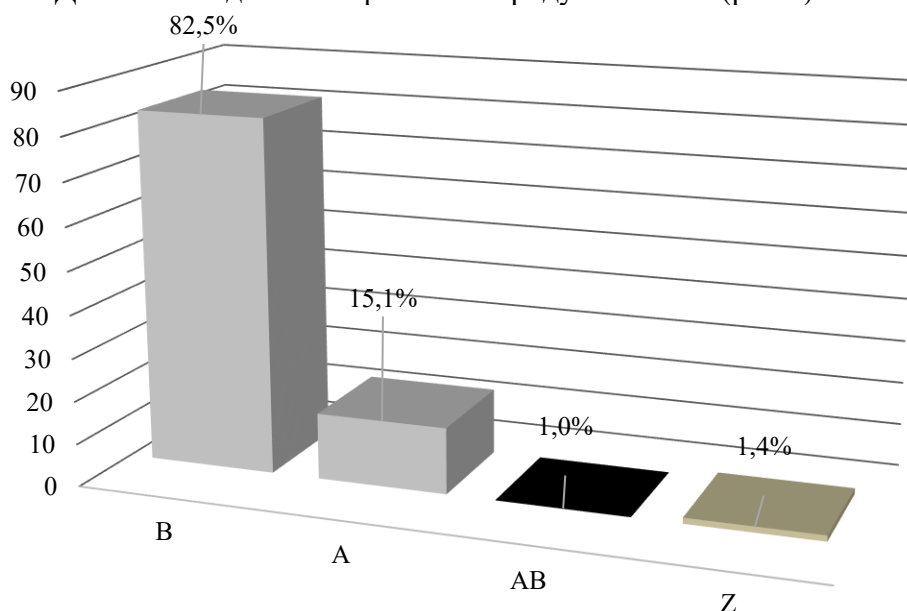


Рис. 4. Доли влияния факторов на урожайность сортов пшеницы озимой, % (2024 г.)

Примечание: фактор А – прием обработки почвы; фактор В – сорт

Fig. 4. Shares of influence of factors on the yield of winter wheat varieties, % (2024)

Note: Factor A – tillage method; Factor B – variety

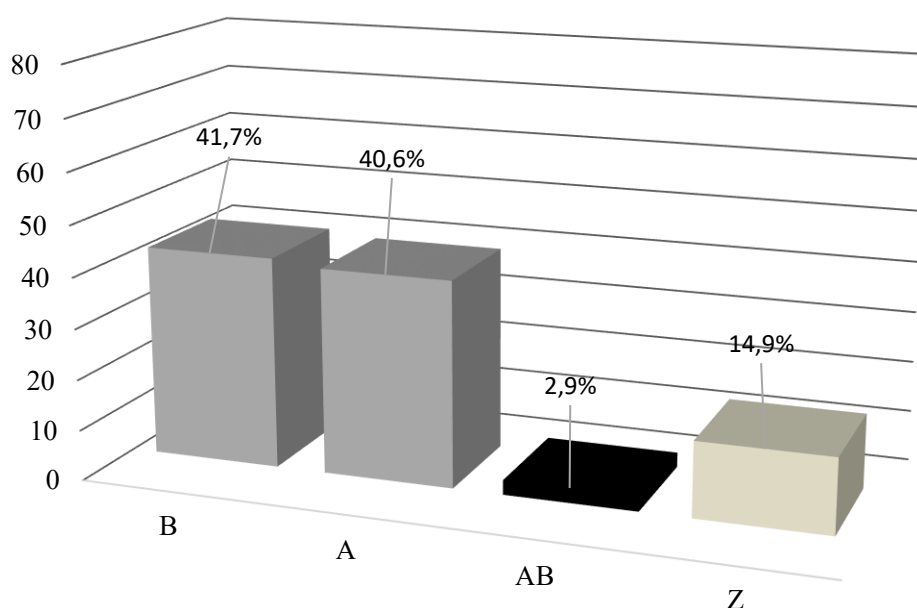


Рис. 5. Доли влияния факторов на урожайность сортов пшеницы озимой, % (2025 г.)

Примечание: фактор А – прием обработки почвы; фактор В – сорт

Fig. 5. Shares of influence of factors on the yield of winter wheat varieties, % (2025)

Note: Factor A – tillage method; Factor B – variety

Согласно результатам дисперсионного анализа, вклад фактора В (сорт) составил 41,7%, что остается наибольшим среди всех источников вариации, однако его доминирование стало менее выраженным. Практически сопоставимое значение имел фактор А (прием обработки почвы), что свидетельствует о резком возрастании значимости агротехнических условий в стрессовой ситуации по погодным условиям. Особое внимание привлекает возрастание неучтенной вариации до 14,9%, что существенно выше по сравнению с предыдущим годом. Данный факт отражает усиление влияния неконтролируемых факторов среды, прежде всего погодных факторов (недостаток осадков, высокие температуры). Итак, в погодных условиях 2025 года урожайность озимой пшеницы формировалась под влиянием сорта и приема обработки почвы, при заметном увеличении роли случайных факторов.

Заключение. Нами установлено, что комбинированный прием обработки

почвы обеспечил математически достоверное преимущество по показателю фотосинтетического потенциала перед вспашкой по всем сортам и во все межфазные периоды. Сорта Еланчик и Классика характеризовались наибольшими значениями ФП во всех межфазных периодах. Применение комбинированной системы обработки почвы способствует сильной корреляционной связи между фотосинтетическим потенциалом посевов в период колошение–молочная спелость и уровнем их урожайности.

Результаты трехлетних исследований свидетельствуют о стабильном и статистически подтвержденном преимуществе комбинированной обработки почвы по сравнению с традиционной вспашкой по показателю урожайности сортов озимой пшеницы. Наиболее отзывчивым к комбинированной обработке во все годы исследований оказались сорта Алексеич, Таня, Еланчик.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дроздова В.В., Шеуджен А.Х., Нецадим Н.Н. Агроэкологическая эффективность применения минеральных удобрений при выращивании люцерны на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 43. С. 47-51.
2. Квашин А.А., Нецадим Н.Н., Горпинченко К.Н. Зависимость урожайности и качества зерна сортов озимой пшеницы от различных агротехнических приемов в условиях Западного Предкавказья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 61. С. 91-99.
3. Коваль А.В. Влияние минеральных удобрений при разных способах обработки почвы на продуктивность озимой пшеницы сорта Бригада // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко (Краснодар, 26-30 нояб. 2016 г.) / отв. за вып. А.Г. Кощаев. Краснодар: КубГАУ имени И.Т. Трубилина, 2017. С. 876-877.
4. Об экологических рисках, связанных с накоплением свинца и кадмия в зерне озимой пшеницы, выращенной на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Нецадим Н.Н. [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 36. С. 115-118.
5. Продуктивность и технологические качества зерна озимой пшеницы сорта Гром в зависимости от применения регуляторов роста растений и азотных подкормок / Макаров А.А. [и др.] // Новые технологии. 2021. Т. 17, № 4. С. 111-125.
6. Квашин А.А., Нецадим Н.Н., Коваль А.В. Продуктивность и качество зерна сортов озимой пшеницы в зависимости от агротехнологий в условиях Западного Предкавказья // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 112. С. 105-112.
7. Урожайность сортов озимой пшеницы при различных агротехнологиях в центральной зоне Кубани / Нецадим Н.Н. [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 96. С. 173-180.
8. Эффективность выращивания различных сортов озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения Краснодарского края / Баршадская С.И. [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120. С. 1322-1336.
9. Изучение продуктивности и качества сортов пшеницы двуручки при посеве в озимый и яровой сроки / Ганюцкая Т.Л. [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 168. С. 288-303.
10. Влияние технологии No-till на структуру и противодефляционные свойства чернозема обыкновенного в Центральном Предкавказье / Волошенкова Т.В. [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 9. С. 20-25.
11. Горпинченко К.Н. Техническая модернизация зернового производства в Краснодарском крае // Наука и мир. 2013. № 2 (2). С. 85-88.
12. Горпинченко К.Н. Система показателей инновационного развития в зерновом производстве // Вестник АПК Ставрополя. 2013. № 2 (10). С. 152-156.
13. Луценко Е.В., Горпинченко К.Н. Синтез системно-когнитивной модели природно-экономической системы, ее использование для прогнозирования и управления в зерновом производстве (4 часть – исследование объекта моделирования путем исследования его модели) // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 90. С. 784-793.
14. Экономическая эффективность и биоэнергетическая оценка длительного применения удобрений в севообороте / Квашин А.А. [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 68. С. 76-85.

15. Горпинченко К.Н., Коваль А.В. Урожайность и экономическая целесообразность возделывания озимой пшеницы с использованием различных агротехнических приемов // Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения: сборник тезисов по материалам III Национальной конференции (Краснодар, 27-28 марта 2019 г.) / отв. за вып. А.Г. Кошчаев. Краснодар: КубГАУ имени И.Т. Трубилина, 2019. С. 49-50.

16. Влияние приемов выращивания на содержание основных элементов питания, тяжелых металлов в почве и урожайность зерна озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края / Малюга Н.Г. [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 35. С. 135-142.

REFERENCES

1. Drozdova V.V., Sheudzhen A.Kh., Neshchadim N.N. Agroecological efficiency of mineral fertilizer application in growing alfalfa on leached chernozem of the Western Ciscaucasia // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2013. No. 43. P. 47-51. [In Russ.]

2. Kvashin A.A., Neshchadim N.N., Gorpichenko K.N. Dependence of winter wheat variety yield and grain quality on various agrotechnical practices in the Western Ciscaucasia // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2016. No. 61. P. 91-99. [In Russ.]

3. Koval A.V. The influence of mineral fertilizers under different tillage methods on the productivity of winter wheat of the Brigada variety // Scientific support for the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the 10th All-Russian Conference of Young Scientists dedicated to the 120th anniversary of I.S. Kosenko (Krasnodar, November 26-30, 2016) / responsible for the issue A.G. Koshchaev. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2017. P. 876-877. [In Russ.]

4. On the environmental risks associated with the accumulation of lead and cadmium in the grain of winter wheat grown on leached chernozem of the Western Ciscaucasia / N.N. Neshchadim [et al.] // Transactions of the Kuban State Agrarian University. 2012. No. 36. P. 115-118. [In Russ.]

5. Productivity and technological qualities of winter wheat grain of the Grom variety depending on the use of plant growth regulators and nitrogen fertilizers / Makarov A.A. [et al.] // New technologies. 2021. Vol. 17, No. 4. P. 111-125. [In Russ.]

6. Kvashin A.A., Neshchadim N.N., Koval A.V. Productivity and grain quality of winter wheat varieties depending on agricultural technologies in the conditions of the Western Ciscaucasia // Transactions of the Kuban State Agrarian University. 2024. No. 112. P. 105-112. [In Russ.]

7. Yield of winter wheat varieties under various agricultural technologies in the central zone of Kuban / Neshchadim N.N. [et al.] // Transactions of the Kuban State Agrarian University. 2022. No. 96. P. 173-180. [In Russ.]

8. Efficiency of growing different varieties of winter wheat under conditions of insufficient moisture in the Krasnodar Territory / Barshadskaya S.I. [et al.] // Polythematic online electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2016. No. 120. P. 1322-1336. [In Russ.]

9. Study of productivity and quality of facultative wheat varieties when sowing in winter and spring periods / Ganotskaya T.L. [et al.] // Polythematic online electronic scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2021. No. 168. P. 288-303. [In Russ.]

10. Influence of No-till technology on the structure and anti-deflation properties of ordinary chernozem in the Central Ciscaucasia / Voloshenkova T.V. [et al.] // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2022. Vol. 36, No. 9. P. 20-25. [In Russ.]

11. Gorpichenko K.N. Technical modernization of grain production in the Krasnodar territory // Science and the World. 2013. No. 2(2). P. 85-88. [In Russ.]

12. Gorpichenko K.N. System of indicators of innovative development in grain production // Bulletin of the agro-industrial complex of Stavropol. 2013. No. 2(10). P. 152-156. [In Russ.]

13. Lutsenko E.V., Gorpichenko K.N. Synthesis of a systemic-cognitive model of a natural-economic system, its use for forecasting and management in grain production (Part 4 - study of the modeling object by studying its model) // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2013. No. 90. P. 784-793. [In Russ.]

14. Economic efficiency and bioenergetic assessment of long-term use of fertilizers in crop rotation / Kvashin A.A. [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2017. No. 68. P. 76-85. [In Russ.]
15. Gorpichenko K.N., Koval A.V. Productivity and economic feasibility of winter wheat cultivation using various agrotechnical practices // Scientific and technological support for the agro-industrial complex of Russia: problems and solutions: collection of abstracts based on the materials of the III National Conference (Krasnodar, March 27-28, 2019) / responsible for the issue. A.G. Koshchaev. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 2019. P. 49-50. [In Russ.]
16. The influence of cultivation methods on the content of essential nutrients, heavy metals in the soil and grain yield of winter wheat in the central zone of the Krasnodar territory / Malyuga N.G. [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2012. No. 35. P. 135-142. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Квашин Александр Алексеевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общего и орошаемого земледелия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, e-mail: kvashin.a@kubsau.ru

Нешадим Николай Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры растениеводства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; главный научный сотрудник отдела земледелия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5113-7651>, email: neshhadim.n@kubsau.ru

Мамсиров Нурбий Ильясович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>, e-mail: nur.urup@mail.ru

Коваль Александра Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общего и орошаемого земледелия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5439-0302>, e-mail: koval-alexandra@mail.ru

Сазаненко Максим Михайлович, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, e-mail: sazonenko99@list.ru

Aleksandr A. Kvashin, Dr Sci. (Agr.), Professor, the Department of General and Irrigated Agriculture, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinina St., e-mail: kvashin.a@kubsau.ru

Nikolai N. Neshchadim, Dr Sci. (Agr.), Professor, the Department of Plant Growing, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St.; Chief Researcher of the Department of Agriculture, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5113-7651>, email: neshhadim.n@kubsau.ru

Nurbey I. Mamsirov, Dr Sci. (Agr.), Associate Professor, Head of the Department of Agricultural Production Technology, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4581-5505>, e-mail: nur.urup@mail.ru

Alexandra V. Koval, PhD (Agr.), Associate Professor, the Department of General and Irrigated Agriculture, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5439-0302>, e-mail: koval-alexandra@mail.ru

Maksim M. Sazonenko, Postgraduate student, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., e-mail: sazonenko99@list.ru

Заявленный вклад авторов

Нецадим Николай Николаевич – разработка методики исследования, валидация данных.

Квашин Александр Алексеевич, Мамсиров Нурбий Ильясович – проведение эксперимента, сбор данных.

Коваль Александра Викторовна – оформление статьи по требованиям журнала, подбор литературных источников

Сазаненко Максим Михайлович – проведение эксперимента, сбор данных.

Claimed contribution of the authors

Nikolai N. Neshchadim – research methodology development, data validation.

Aleksandr A. Kvashin, Nurbey I. Mamsirov – experiment execution, data collection.

Alexandra V. Koval – article formatting according to the Journal requirements, literature selection.

Maksim M. Sazonenko – experiment execution, data collection.

Поступила в редакцию 13.03.2026

Поступила после рецензирования 17.04.2026

Принята к публикации 22.04.2026

Received 13.03.2026

Revised 17.04.2026

Accepted 22.04.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-106-116>

УДК [634.662:631.5] (213.1) (470)



Формирование сортимента унаби (*Ziziphus jujuba* Mill.) во влажных субтропиках России

Р.В. Кулян, З.М. Омарова✉

Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»;
г. Сочи, Российская Федерация,
✉zuly_om@mail.ru

Аннотация. Введение. В статье представлены результаты многолетнего изучения коллекции унаби (*Ziziphus jujuba* Mill.) в условиях влажных субтропиков РФ. Коллекция Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» (ФИЦ СНЦ РАН, г. Сочи). **Объектами исследований** является двадцать один сортообразец из Китая, Таджикистана, Азербайджана, Грузии, США и России. **Цель работы.** Оценка хозяйственно-ценных признаков (фенология, урожайность, биохимический состав, устойчивость к растрескиванию) и выделение перспективных сортов для южных регионов России. **Результаты и их обсуждение.** Установлено, что унаби отличается поздним началом вегетации (I–II декада апреля), что позволяет избегать весенних заморозков. Данной культуре присуще позднее цветение, которое проходит в июне – августе при температуре 22–24°C, плоды созревают с сентября до начала ноября. Плоды образцов по срокам созревания ранжированы на три группы: ранние (II–III декада сентября), средние (II–III октября) и поздние (конец октября – начало ноября). Наибольшую урожайность (96,0–141,4 ц/га) показали сорта «У-Син-Хун», «Та-Ян-Цзао», «Южанин» и «Бурним». Максимальная масса плода отмечена у сорта «У-Син-Хун» (до 28,0 г). Биохимический анализ плодов выявил высокое содержание сахаров (19,12–30,95%), витамина С (206,18–524,48 мг%), низкую кислотность (0,26–0,57%) и сахаро-кислотный коэффициент до 110,53. Мелкоплодные формы накапливают больше сахаров, чем крупноплодные. По вкусовым качествам выделены столовые сорта «У-Син-Хун», «Та-Ян-Цзао», «Хурмаи» и «Вахш». Универсальные сорта («Южанин», «Бурним», «Да-Бай-Цзао») пригодны для свежего потребления и переработки. Наиболее устойчивы к растрескиванию плодов сортообразцы «Китайский-2А», «Гиссарский» и Форма-201. Сорт «Гиссарский», Форма-201, «Декоративный 98» рекомендуются для ландшафтного озеленения. По ряду хозяйственно-ценных признаков сорта «Та-Ян-Цзао», «Южанин», «Бурним» и «У-Син-Хун» рекомендованы для возделывания во влажных субтропиках России. Мелкоплодные сорта и формы рекомендуются для получения подвойного материала, а также они обладают высокой декоративностью и могут найти широкое применение в ландшафтном оформлении городских и сельских территорий.

Ключевые слова. генетическая коллекция, унаби, *Ziziphus jujuba* Mill., сорт, форма, фенология, урожай, качество плодов

Для цитирования: Кулян Р.В., Омарова З.М. Формирование сортимента унаби (*Ziziphus jujuba* Mill.) во влажных субтропиках России. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (2):106–116. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-106-116>

Благодарность. Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания ФИЦ СНЦ РАН FGRW-2024-0003, государственный регистрационный номер 1022040700985-0-4.1.1;4.1.5. FGRW-2024-0006, государственный регистрационный номер 1022040800293-3-4.1.6.

Formation of jujube assortment in the humid subtropics of Russia

R.V. Kulyan, Z.M. Omarova✉

*Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences;
Sochi, the Russian Federation,
✉zuly_om@mail.ru*

Abstract. Introduction. The results of a long-term research of the jujube collection (*Ziziphus jujuba* Mill.) in the humid subtropics of the Russian Federation are presented. The collection is from the Federal Research Centre “Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences” (FRC SSC RAS, Sochi). Twenty-one cultivars from China, Tajikistan, Azerbaijan, Georgia, the USA and Russia became the objects of the research. **The goal of the research** was evaluation of economically valuable traits (phenology, yield, biochemical composition, resistance to cracking) and selection of promising varieties for the southern regions of Russia. **The results and discussion.** It has been found that jujube is characterized by a late onset of vegetation (1st-2nd decade of April), which helps avoid spring frosts. This crop is characterized by late flowering, which occurs in June-August at a temperature of 22-24°C, the fruits ripen from September to early November. The fruits of the samples were ranked into three groups according to ripening time: early (second-third ten-day period of September), middle (second-third ten-day period of October) and late (late October - early November). The highest yield (96.0-141.4 c/ha) was shown by the varieties “U-Xing-Hong”, “Ta-Yan-Zao”, “Yuzhanin” and “Burnim”. The maximum fruit weight was noted by the variety ‘U-Xing-Hong’ (up to 28.0 g). Biochemical analysis of the fruits revealed a high content of sugars (19.12-30.95%), vitamin C (206.18-524.48 mg%), low acidity (0.26-0.57%) and a sugar-acid ratio of up to 110.53. Small-fruited forms accumulated more sugars than large-fruited ones. The table varieties “U-Xing-Hong”, “Ta-Yan-Zao”, “Khurma”, and “Vakhsh” were distinguished by their taste. Universal varieties (“Yuzhanin”, “Burnim”, “Da-Bai-Zao”) were suitable for fresh consumption and processing. The varieties “Kitsaisky-2A”, “Gissarsky”, and Forma-201 were the most resistant to fruit cracking. The varieties “Gissarsky”, “Forma-201”, and “Dekorativnyy 98” were recommended for landscaping. Based on a number of economically valuable traits, the varieties “Ta-Yan-Zao”, “Yuzhanin”, “Burnim”, and “U-Xing-Hong” are recommended for cultivation in the humid subtropics of Russia. Small-fruited varieties and forms are recommended for producing rootstock material. They also have high ornamental value and can be widely used in urban and rural landscaping.

Keywords: genetic collection, jujube, *Ziziphus jujuba* Mill., variety, form, phenology, yield, fruit quality.

For citation: Kulyan R.V., Omarova Z.M. Formation of jujube assortment in the humid subtropics of Russia. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2):106-116. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-106-116>

Acknowledgements. The article was prepared within the framework of the implementation of the state assignment of the Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences FGRW-2024-0003, state registration number 1022040700985-0-4.1.1;4.1.5.; FGRW-2024-0006, state registration number 1022040800293-3-4.1.6.

Введение. По своим природно-климатическим факторам субтропики РФ являются уникальной зоной для культивирования многих редких субтропических плодовых культур (азимина, фейхоа, цитрусовых культур, лавра благородного, хурмы восточной, мушмулы, зизифуса и др.). Культура унаби (*Ziziphus jujuba* Mill.) перспективная для выращивания в Краснодарском и Ставропольском краях, Республиках Крым

и Дагестан и в некоторых других южных областях России. Унаби (*Ziziphus*) – субтропическая плодовая культура – обладает диетическими и лечебными качествами, отличается своеобразным вкусом. Кроме того, она представляет собой одну из самых засухоустойчивых и зимостойких культур, и может переносить тридцатиградусные морозы. Не требовательна к плодородию почвы, однако не переносит близкого зале-

гания грунтовых вод [1, 2, 3]. Разнообразие морфологических признаков деревьев и плодов позволяет рассматривать культуру и в качестве декоративного растения. В разных странах возделывания унаби именуется по-разному: ююба, унаби, зизифус (латинское название), бэр, китайский финик, чилон, паллур, куннапья или коннарка (Кипр), джилан-джида, французская грудная ягода (Франция) и др. [4, 5].

Унаби – колючее листопадное дерево или кустарник с ажурной компактной кроной, родом из Китая, рано вступает в пору плодоношения и может достигать возраста 300 лет. *Ziziphus jujuba* Mill. – распространённый вид рода *Ziziphus*, относящийся к отряду Покрытосеменные, классу Двудольные, семейству Крушиновые (*Rhamnaceae*) [6].

В мире насчитывается около 170 видов рода *Ziziphus*, 12 культивируются из-за их большой экономической и медицинской ценности. В современном Китае существует более 750 разновидностей унаби. Известно около 400 сортов [7-8].

Благодаря питательным, лечебным и диетическим свойствам плодов, культура унаби широко применяется в ряде стран, особенно в Китае, который является родиной и где эта культура известна уже более шести тысяч лет. Китай является лидером по производству свежих и переработанных плодов зизифуса, именно здесь сосредоточены значительные промышленные насаждения, которые и обеспечивают около 90% мирового производства. Унаби в Китае занимает одно из ведущих мест среди плодовых культур, выращиваемых в стране [9, 10]. В настоящее время унаби культивируется в таких странах, как Япония, Корея, Афганистан, Индия, Италия, Франция, Иран, Португалия, США, Таджикистан и Туркменистан, и получает все большее признание, поскольку вносит существенный вклад в пищевую и фармацевтическую промышленности [11-12].

Ключевой ценностью унаби являются ее плоды, имеющие высокую пищевую и витаминную ценность. Культура уникальна по

лечебным свойствам и широко используется в качестве пищи и в традиционной медицине, особенно в Китае. В традиционной китайской медицине унаби применяется для лечения и питания желудка, тонизирования селезенки и питания крови, а также для общего укрепления организма [13].

В зависимости от сорта плоды унаби отличаются по форме (круглые, овальные, бочковидные и др.), по цвету (от светло-жёлтого до красно-коричневого), а также по вкусу мякоти. Употребляют плоды в свежем, сушённом и консервированном виде. Свежие плоды унаби имеют кисло-сладкий вкус, а в сушённом виде их можно хранить на протяжении года, при этом они приобретают особенно тонкий аромат. В них содержатся сахара, пектины, органические кислоты (винная, малоновая, яблочная и др.), витамины (А, В₁, В₂, В₆, С, Р), β-каротин (провитамин А), макро- и микроэлементы (калий, кальций, магний, фосфор, железо, йод), аминокислоты, жиры, кумарины, стеролы, флавоноиды (мирицетин, кемпферол, рутин), терпены и тритерпеновые гликозиды, сапонины, а также изохинолиновые алкалоиды (азимилобан и стефарин). Важно отметить, что в плодах также содержится аскорбиновая кислота (витамин С), количество которой может варьироваться в зависимости от сорта и условий произрастания [14-15].

Ценные вещества унаби не ограничиваются его плодами, они также присутствуют в других частях растения, в том числе в листьях. Листья зизифуса являются источником фитонцидов, альдегидсахаров, каротина (9,0-13,3 мг%), сапонины, витамина Е и анестезирующих соединений. Исследования показывают, что листья особенно богаты флавоноидами, такими как рутин (до 2%) и аскорбиновая кислота. Пик содержания аскорбиновой кислоты приходится на ранние стадии роста листьев, достигая 700 мг/100 г.

В последние годы научный интерес к унаби значительно возрос, в растении было идентифицировано более 278 соединений, что подтверждает широкий спектр фармакологической активности растения [16].

Установлено, что экстракт плодов унаби обладает антиоксидантными, противовирусными, антибактериальными, противовоспалительными свойствами, а экстракт из листьев обладает противодиабетическим потенциалом [17-18].

Активно изучается генетическое разнообразие растения, исследования показывают, что культурные сорта дают более крупные плоды, в то время как дикие формы обладают более высокой антиоксидантной активностью [19].

В 1955 году в район Большого Сочи были впервые интродуцированы культивируемые сорта унаби китайского происхождения. Основной целью исследований, как на начальном этапе, так и в настоящее время, является выделение наиболее перспективных образцов для зоны выращивания. Ключевыми критериями отбора выступают высокая урожайность, размер плодов (крупный и средний), устойчивость к биотическим и абиотическим факторам среды, отличается превосходными вкусовыми характеристиками. Отобранные формы предназначены для внедрения в сельскохозяйственное производство и для дальнейшей селекционной работы.

Основными задачами исследований является всестороннее изучение коллекционных сортообразцов унаби, группировка их по ключевым хозяйственно-ценным характеристикам и определение наиболее перспективных сортообразцов для дальнейшего использования.

Объекты исследований. Исследования проводили на опытно-коллекционном участке ФИЦ СХЦ РАН, расположенном на улице Яна Фабрициуса. Почвы участка – бурые лесные, слабоненасыщенные, среднemosные, среднесуглинистые. Данные почвы характеризуются небольшим количеством гумуса (0,7-1,2 %). Схема посадки – 5×3 м, год закладки насаждений – 2002. Объектами исследований служили сортообразцы унаби российской и зарубежной селекции (табл. 1). В ходе работы определяли наступление ключевых фенологических фаз для различных сортов зизифуса, таких как

начало вегетационного периода, формирование бутонов, начало и конец цветения, а также созревание плодов. Параллельно проводили оценку урожайности и подробное pomологическое описание плодов. Исследования выполняли по общепринятым для плодовых и ягодных культур методикам [20]. Биохимический анализ плодов был выполнен в лаборатории физиологии и биохимии растений ФИЦ СХЦ РАН.

Таблица 1. Коллекция унаби (*Zizyphus jujuba* Mill.)

Table 1. Collection of jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.)

Название образца	Страна происхождения
«Бурним»	Таджикистан
«Вахш»	
«Гиссарский»	
«Дружба»	
«Советский»	
«Финик»	
«Южанин»	
«Хурмаи»	Китай
«Китайский 2А»	
«Китайский 52»	
«Сио-Бай-Цзао»	
«Я-Цзао»	
«Та-Ян-Цзао»	
«Да-Бай-Цзао»	
«У-Син-Хун»	Грузия
Гибрид Кавказский (Вазияни)	
Гибрид Кавказский А	
Карабахская популяция (Тальш)	Азербайджан
Декоративный 98	Данных нет
Форма-201	ФИЦ СХЦ РАН, Россия
Сочинская - 1	

Результаты исследований и их обсуждение. На Черноморском побережье Кавказа давно выращивают местные аборигенные формы унаби с мелкими плодами. Крупноплодные сорта впервые были завезены в 1930 году из США непосредственно в Гагры и Гульрипш (ныне Республика Абхазия). На Сочинскую опытную станцию (ныне ФИЦ СХЦ РАН) в разные годы было интродуцировано более 30 сортов и форм зарубежной селекции: китайской, таджикской, азербайджанской, грузинской, украинской и американской. Эти сорта стали основой для создания в субтропической зоне России коллекции унаби – базы для

накопления, пополнения и сохранения генофонда для последующего использования в селекции. Была начата работа по их сортоизучению в условиях влажных субтропиков Российской Федерации.

На основании многолетнего агробиологического изучения коллекции все сортообразцы сгруппированы по фенологическим фазам (начало и конец вегетации, цветение, созревание, урожайность, размеры плодов и др.).

Унаби отличается поздним началом вегетации. Во влажных субтропиках РФ вегетация начинается с набухания почек, которое наблюдается в I-II декадах апреля. Разница в сроках начала вегетации у разных сортообразцов имеет незначительные отклонения – порядка 5-6 дней. По срокам бутонизации и цветения также имеются небольшие различия, а вот период созревания плодов характеризуется значительной разницей, которая может достигать 24-26 дней.

Выявлено, что сорт «Та-Ян-Цзао» демонстрирует более раннюю вегетацию; данный процесс начинается в конце III декады марта – начале I декады апреля, в тот период, когда среднесуточная температура воздуха достигает отметки 13,5°C. Благодаря этому растения данного сорта не страдают от неблагоприятных весенних температурных колебаний. Сорта «Дружба», «Советский», «Я-Цзао», Китайский 2А» и «Бурним» также показывают высокую степень адаптации к раннему началу вегетационного периода.

Позднее цветение в июне и достаточно раннее созревание плодов в середине октября является важной биологической характеристикой этой культуры, благодаря которому растения унаби уходят от поздних весенних и ранних осенних заморозков. Более того, растения не подвержены влиянию ранневесеннего потепления, что обуславливает более позднее начало их вегетации в сравнении с другими субтропическими и плодовыми культурами.

В условиях Большого Сочи цветение унаби начинается в первой половине июня и продолжается до августа при средней су-

точной температуре воздуха 22-24°C. Опыление цветков протекает оптимально при относительной влажности воздуха 35-45%. Многолетние наблюдения свидетельствуют о том, что увеличение продолжительности вегетационного периода и повышение среднесуточных температур повышают вероятность получения высоких и стабильных урожаев, что соответствует данным ряда научных исследований некоторых ученых [21].

Сорт «Та-Ян-Цзао» отличается ранним началом цветения, которое происходит на шесть-восемь дней раньше, чем у многих других сортообразцов. Продолжительность цветения в разные годы варьировала от 30 до 55 дней, что обусловлено биологическими особенностями образцов. Наиболее продолжительный период цветения отмечен у сортов «Та-Ян-Цзао», «Бурним» и «Вахш» (30-33 дня), в то время как у «Хурмаи» и «У-Син-Хун» он имеет относительно короткий интервал (10-14 дней).

Многолетнее изучение и анализ фазы цветения у культуры унаби продемонстрировали, что это перекрестноопыляемое растение. Оно отличается обильным цветением. К примеру, в период массового цветения на растении сорта «Та-Ян-Цзао» одновременно функционировало 250000 цветков. Отмечено, что на отдельно стоящих растениях завязываемость плодов из года в год составляла до 1,0%, тогда как в саду этот процент достигал 4,5.

В условиях влажной субтропической зоны основной урожай формируется на побегах, развившихся из почек на многолетних «кольчатках». Наиболее продуктивными образцами являются крупноплодные сорта «Та-Ян-Цзао», «Вахш», «Хурмаи», «Финик», «Гиссарский» и «Южанин» и сорта со средними плодами: «Бурним», «Китайский 52» и «Китайский 2А». Среди мелкоплодных выделяется форма «Сочинская-1».

По срокам созревания сорта зизифуса можно разделить на три группы: первая группа включает сорта с ранним сроком созревания (II-III декада сентября), к которым отно-

сятся «Хурмай», «Южанин», «Вахш», «Бурним», «Та-Ян-Цзао» и «Дружба», вторая группа – сорта со средним сроком созревания (II-III октября) – «У-Син-Хун», «Бурним», «Китайский 2А», «Советский», «Сио-Бай-Цзао», «Я-Цзао», «Дружба», «Да-Бай-Цзао», «Кавказский», «Карабахский» и третья группа включает позднезрелые сорта (конец октября-начало ноября) – «Финик», «У-Син-Хун», «Гиссарский», «Декоративный 98».

Унаби – долговечная культура – и отличается регулярными и высокими урожаями. По показателям продуктивности сорта ранжированы на три группы: 1 группа – высокий (от 14,4 до 21,2 кг/дерево), средний (5,4-10,5 кг/дерево), невысокий (2,2-5,2 кг/дерево). Наибольшей урожайностью отличаются сорта «У-Син-Хун», «Та-Ян-Цзао», «Южанин» и «Бурним» (табл. 2).

Таблица 2. Характеристика коллекционных образцов унаби
Table 2. Characteristics of collectible jujube specimens

Сортообразец	Средняя масса плода, г	Доля мякоти в плодах, %	Урожайность	
			кг/дерево	ц/га
«У-Син-Хун»	28,0	97,2	21,2	141,4
«Та-Ян-Цзао»	18,0	97,0	21,1	140,7
«Южанин»	18,3	95,4	17,6	117,4
«Бурним»	16,7	98,8	14,4	96,0
«Вахш»	14,1	96,6	10,5	70,0
«Я-Цзао»	10,7	97,0	8,1	54,0
«Сио-Бай-Цзао»	15,1	97,0	8,0	53,3
«Гиссарский»	15,0	96,4	8,0	53,3
«Китайский 2А»	15,0	93,0	8,1	54,0
«Советский»	15,0	97,0	8,0	53,3
«Дружба»	15,1	96,5	7,4	49,4
«Финик»	10,8	91,5	7,0	46,7
«Хурмай»	10,1	96,3	5,4	36,0
«Да-Бай-Цзао»	10,7	96,0	5,2	34,7
Китайский 52	9,4	95,0	5,2	34,7
Форма - 201	6,8	97,0	4,8	32,0
Сочинская - 1	2,8	83,6	3,4	22,7
Декоративный 98	2,5	90,5	3,0	20,0
Карабахская популяция	2,5	90,5	2,2	14,7

Величина и масса плодов унаби являются ключевыми хозяйственно-ценными признаками, которые оказывают влияние на урожайность, товарность и биохимический состав. Диапазон массы плодов очень велик – от нескольких грамм у диких форм до 28,0 г у сорта «У-Син-Хун».

Масса плодов всех сортов существенно зависит не только от климатических факторов, но и от величины урожая данного года. В годы с обильным урожаем, происходит уменьшение размера и массы плодов на уровне 10-18%, и, наоборот, более низкая продуктивность сопровождается увеличением массы плодов до средних и максимальных показателей. В пределах одного сорта отмечается ярко выраженная неоднородность размеров плодов. Это особенно характерно

для сорта «У-Син-Хун», где наряду с очень крупными плодами (до 28,0 г), встречаются 5-8% средних (массой 8,0-10,0 г) и 1-2% мелких (до 5,0 г). Более одномерные плоды у сортов «Финик», «Дружба», «Вахш», «Южанин», «Советский», «Я-Цзао», «Гиссарский», «Сио-Бай-Цзао», а также у Формы-201. У всех испытываемых сортов унаби косточки от мякоти плодов отделяются плохо.

Мелкоплодные формы, обладая высокой урожайностью, используют для выращивания подвоев, формы часто имеют густую раскидистую крону, блестящую листву, обильное цветение и яркие плоды, сохраняющиеся на ветвях после листопада. Благодаря колючкам они пригодны для создания живых изгородей, солитерных и групповых посадок в ландшафтном дизайне, хорошо

поддаются формировке в кустовой и штамбовой формах, а также могут образовывать шпалеры. Форма-201 – декоративная, мелкоплодная, имеет ажурную ампельную крону, а благодаря своей высокой устойчивости к загрязнению воздуха и пыли она идеально подходит для создания защитных зеленых зон вдоль трасс.

Свежие плоды зизифуса разнообразны по своим вкусовым и другим хозяйственно-ценным качествам. По итогам дегустаций, проводившихся в течение ряда лет, наивысшую оценку по вкусовым качествам получили плоды следующих сортов: «Хурмай», «У-Син-Хун», «Вахш», «Та-Ян-Цзао», «Бурним», «Дружба», «Да-Бай-Цзао», «Декоративный 98», «Финик», «Китайский 52». Плоды этих образцов характеризуются повышенной сочностью, выраженным сладким или кисло-сладким вкусом и хорошей консистенцией мякоти. Сорта «Хурмай» и «Вахш» имеют тонкую, не плотную кожицу, мало ощутимую при употреблении. Самая вкусная часть мякоти плода – около косточки, хотя косточка отделяется плохо. Хорошими вкусовыми качествами при полной потребительской зрелости обладают плоды сорта «Южанин», отличающиеся сочностью с приятным гармоничным сочетанием сахара и кислоты. Они могут использоваться как столовые сорта для потребления в свежем виде,

а также для всех видов технологической переработки.

Биохимические показатели плодов унаби являются важными критериями, определяющими их пищевую, лечебную и диетическую ценность. Анализ данных показателей в условиях влажных субтропиков Российской Федерации позволил выявить отличительные особенности биохимического состава плодов унаби, что свидетельствует о их высокой диетической и питательной ценности. Образцы плодов для проведения анализа были отобраны в период полного созревания, когда более 75% плодов приобрели характерный для сорта оттенок.

Накопление сахаров в плодах составляет 19,12-30,95%. При этом отмечено, что мелкоплодные сортообразцы содержат сахаров больше, чем крупноплодные, причём основная доля сахаров приходится на моносахара. По содержанию сухих веществ в условиях влажных субтропиков сорта «Та-Ян-Цзао», «Хурмай» и «Бурним» превосходят остальные.

В плодах унаби выявлено значительное количество биологически активных веществ. Содержание витамина С составляет 206,18-524,48 мг%. Кислотность плодов варьирует от 0,26% (у сорта «Я-Цзао») до 0,57% (у сорта «Южанин»), а сахаро-кислотный коэффициент – от 33,79 до 110,53 (табл. 3).

Таблица 3. Биохимический состав плодов некоторых сортов унаби в условиях влажных субтропиков РФ, % на сырую массу (данные за три года)

Table 3. Biochemical composition of fruits of some varieties of jujube in the humid subtropics of the Russian Federation, % of fresh weight (data for three years)

Сорт	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Витамин С, мг%	Общая кислотность, %	Сахаро-кислотный коэффициент
«Та-Ян-Цзао»	32,5	30,95	206,18	0,28	110,53
«Хурмай»	33,2	29,80	261,36	0,29	102,76
«Вахш»	29,0	25,78	262,24	0,28	92,07
«Бурним»	33,1	24,45	403,04	0,41	59,63
«Финик»	28,5	20,06	524,48	0,35	57,31
«Южанин»	28,2	19,26	504,24	0,57	33,79
«Я-Цзао»	30,2	19,12	503,11	0,26	42,21

Из коллекционных сортообразцов различного по генетическому эколого-географическому происхождению определены сорта, сочетающие признаки адаптивности, высокой продуктивности и качества плодов. Для выращивания на юге Краснодарского края мы рекомендуем следующие перспективные сорта:

Китайский сорт «Та-Ян-Цзао» имеет сильнорослое, раскидистое дерево без колючек. Плоды крупные, достигают спелости во II-III декадах сентября. Средняя урожайность составляет 110 ц/га. Достоинства этого сорта: – косточка в плодах полностью отсутствует или недоразвита; раннее вступление в пору плодоношения (первый урожай можно ожидать на второй – третий год). Плоды грушевидной формы, желтовато-коричневого цвета, идеально подходят для консервирования.

Таджикский сорт «Южанин» раннего срока созревания, имеет среднерослое, неколючее дерево с раскидистой кроной и высотой до четырех метров. Плоды крупные, укороченно-овальной формы, имеют светло-коричневую окраску. Мякоть рыхлая, мучнистая, обладает приятным сладким вкусом с легкой кислинкой. Сорт отличается высокой урожайностью. Плоды подходят для консервирования, после сушки могут храниться несколько месяцев.

Китайский крупноплодный сорт «У-Син-Хун» имеет среднерослое дерево без колючек. Крона плоскоокруглая или сильно раскидистая, ажурная. Плоды крупные, продолговато-овальной или яйцевидной формы, темно-коричневого или шоколадного цвета, кожица тонкая. Среднего срока созревания. Средняя урожайность составляет 128 ц/га. Раннее вступление в пору плодоношения – первый урожай можно ожидать на первый – второй год. Плоды подходят для консервирования.

Таджикский сорт «Бурним» раннего срока созревания. Растение имеет пирамидально-овальную крону. Плоды темно-коричневые,

продолговатые с острым шипиком на вершине, сладко-пресноватого вкуса. Кожица блестящая, тонкая. Сорт морозостоек, отличается ежегодной высокой урожайностью. Начинает плодоносить на второй-третий год.

Заключение. На основании многолетних исследований коллекции унаби (*Ziziphus*) во влажных субтропиках РФ (ФИЦ СНЦ РАН) установлено, что более 20 сортообразцов зарубежной селекции (Китай, Таджикистан, Азербайджан, Грузия, Украина, США) успешно адаптированы и служат основой для сохранения генофонда и дальнейшей селекции культуры. Выявлено, что унаби характеризуется поздним началом вегетации (I-II декада апреля), что обеспечивает защиту от весенних неблагоприятных условий. Цветение проходит в июне-августе при температуре воздуха 22-24°C, а созревание плодов – с сентября до начала ноября. В рамках исследований были идентифицированы сорта с различным сроком созревания плодов: ранний, средний и поздний.

Наибольшую урожайность (96,0-141,4 ц/га) показали сорта «У-Син-Хун», «Та-Ян-Цзао», «Южанин» и «Бурним». Плоды унаби богаты сахарами (19,12-30,95%), витамином С (206,18-524,48 мг%), имеют низкую кислотность (0,26-0,57%) и высокий сахарокислотный коэффициент (до 110,53); мелкоплодные формы накапливают больше сахаров, чем крупноплодные.

По органолептическим показателям, в частности вкусовым качествам, выделены «Хурмай», «У-Син-Хун», «Вахш», «Та-Ян-Цзао», «Бурним» и ряд других сортов. Масса плодов варьирует от 2,5 г (мелкоплодные подвойные формы) до 28,0 г («У-Син-Хун»). Большинство сортов имеют плохо отделяемую косточку.

По комплексу хозяйственно-ценных признаков такие сортообразцы, как «Та-Ян-Цзао», «Южанин», «Бурним», «У-Син-Хун», рекомендуются для возделывания в условиях влажных субтропиков России.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лепеско В.В., Рыбашлыкова Л.П. Интродукция, особенности роста и развития зизифуса (*Ziziphus jujuba* Mill.) в условиях Астраханского Заволжья и Волго-Ахтубинской поймы // Лесной вестник. 2022. Т. 26, № 5. С. 23-30. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-23-30 EDN: OMPKOP.
2. The nutritional, medicinal and drought-resistance properties of *Ziziphus* Mill. make it an important candidate for alleviating food insecurity in arid regions – a case of Pakistan / Muhammad N. [et al.] // Horticulturae. 2022. No. 8. P. 867-880. DOI: 10.3390/horticulturae8100867.
3. Study on key techniques of desert jujube cultivation / Zhang Y. [et al.] // Journal of Beijing Forestry University. 2020. Vol. 42, No. 11. P. 7281. DOI: 10.12171/j.1000-1522.20200023.
4. The historical and current research progress on jujube – a superfruit for the future / Liu M. [et al.] // Horticulture Research. 2020. No. 7. P. 119-136 DOI: 10.1038/s41438-020-00346-5.
5. Yao Sh., Heyduck R. Ornamental jujube cultivar evaluation in the Southwestern United States // HortTechnology. 2018. Vol. 28, No. 4. P. 557-561. DOI: 10.21273/HORTTECH04073-18.
6. Rodríguez Villanueva J and Rodríguez Villanueva L. Experimental and Clinical Pharmacology of *Ziziphus jujuba* Mills. // Phytother Res. 2017. Vol. 31. P. 347-365.
7. Liu M.J. China jujube development report (1949-2007) // China Forestry Publishing House, Beijing. 2008. Vol. 25. P. 1-11.
8. Li X.G. China jujube industry. Beijing: China Forestry Publishing House. 2015. P. 7-12.
9. Li X., Zhang Z., Li X. Development of the Jujube industry under changing climates // In: Cultivation for climate change resilience. 2023. No. 1. P. 227-240. DOI: 10.1201/9780429055584-13.
10. Mining single nucleotide polymorphism (SNP) markers for accurate genotype identification and diversity analysis of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) germplasm / Song L. [et al.] // Agronomy. 2021. No. 11. P. 2303. DOI: 10.3390/agronomy11112303.
11. Есаян Г.С. Зизифус – ценная плодовая культура // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. 1971. № 7. С. 62-63.
12. Литвинова Т.В. Интродукция и сортоизучение зизифуса в Никитском ботаническом саду // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. 2010. № 132. С. 189-196.
13. *Ziziphus jujuba* Mill., a plant used as a medicinal product: an overview of its phytochemistry, pharmacology, quality control and future research / Shi-Jun Liu [et al.] // Phytochemistry Reviews. 2020. Vol. 20. P. 507-541. doi.org/10.1007/s11101-020-09709-1.
14. Khadivi A., Beigi F. Morphological and chemical characterizations of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) to select superior accessions // Food Sci Nutr. 2022. Vol. 10, No. 7. P. 2213-2223 doi.org/10.1002/fsn3.2831.
15. Zandievakili G., Khadivi A. Identification of the promising *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd. Genotypes using pomological and chemical proprieties // Food Sci Nutr. 2021. No. 9. P. 5698-5711. doi.org/10.1002/fsn3.2535.
16. Изучение противоязвенной, противовоспалительной и иммуномодулирующей активности полиэкстракта плодов *Ziziphus jujuba* Mill / Лупанова И.А. [и др.] // Вопросы биологической, медицинской и фармакологической химии. 2024. Т. 27, № 10. С. 3-10. doi.org/10.29296/25877313-2024-10-01.
17. Барнаулов О.Д. Краткий обзор лекарственных свойств унаби (*Ziziphus jujuba*) // Традиционная медицина. 2016. № 2 (45). С. 50-61.
18. Variations in Morphological Characters and Antioxidant Potential of Different Plant Parts of Four *Ziziphus* Mill. Species from the Cholistan / Riaz M.U. [et al.] // Plants. 2021. No. 10. P. 2734. doi.org/10.3390/plants10122734.

19. Selection of superior genotypes of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) as revealed by fruit-related traits / Mirheidari F. [et al.] // Food Sci. Nutr. 2022. No. 10. P. 903-913. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2721>.

20. Синько Л.Т. Методические указания по первичному сортоизучению зизифуса. Ялта: ГНБС, 1976. 42 с.

21. Ксенофонтова Д.В., Первицкая Л.В., Якименко В.И. Перспективы возделывания унаби в условиях Краснодарского края // Сборник научных трудов ВНИИЦиСК. 1994. Вып. 38. С. 215-227.

REFERENCES

1. Lepesko V.V., Rybashlykova L.P. Introduction, growth characteristics and development of *Ziziphus* (*Ziziphus jujuba* Mill.) in the Astrakhan Trans-Volga region and the Volga-Akhtuba floodplain // Lesnoy Vestnik. 2022. Vol. 26, No. 5. P. 23-30. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-23-30 EDN: OMPKOP. [In Russ.]

2. The nutritional, medicinal and drought-resistance properties of *Ziziphus* Mill. make it an important candidate for alleviating food insecurity in arid regions – a case of Pakistan / Muhammad N. [et al.] // Horticulturae. 2022. No. 8. P. 867-880. DOI: 10.3390/horticulturae8100867.

3. Study on key techniques of desert jujube cultivation / Zhang Y. [et al.] // Journal of Beijing Forestry University. 2020. Vol. 42, No. 11. P. 7281. DOI: 10.12171/j.1000-1522.20200023.

4. The historical and current research progress on jujube – a superfruit for the future / Liu M. [et al.] // Horticultural Research. 2020. No. 7. P. 119-136 DOI: 10.1038/s41438-020-00346-5.

5. Yao Sh., Heyduck R. Ornamental jujube cultivar evaluation in the Southwestern United States // HortTechnology. 2018. Vol. 28, No. 4. P. 557-561. DOI: 10.21273/HORTTECH04073-18.

6. Rodríguez Villanueva J and Rodríguez Villanueva L. Experimental and Clinical Pharmacology of *Ziziphus jujuba* Mills. // Phytother Res. 2017. Vol. 31. P. 347-365.

7. Liu M.J. China jujube development report (1949-2007) // China Forestry Publishing House, Beijing. 2008. Vol. 25. P. 1-11.

8. Li X.G. China jujube industry. Beijing: China Forestry Publishing House. 2015. P. 7-12.

9. Li X., Zhang Z., Li X. Development of the Jujube industry under changing climates // In: Cultivation for climate change resilience. 2023. No.1. P. 227-240. DOI: 10.1201/9780429055584-13.

10. Mining single nucleotide polymorphism (SNP) markers for accurate genotype identification and diversity analysis of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) germplasm / Song L. [et al.] // Agronomy. 2021. No. 11. P. 2303. DOI: 10.3390/agronomy11112303.

11. Yesayan G.S. *Ziziphus* – a valuable fruit crop // Horticulture, viticulture and winemaking of Moldova. 1971. No. 7. P. 62-63. [In Russ.]

12. Litvinova T.V. Introduction and variety study of *Ziziphus* in the Nikitsky Botanical Garden // Collection of scientific papers of the State Nikitsky Botanical Garden. 2010. No. 132. P. 189-196. [In Russ.]

13. *Ziziphus jujuba* Mill., a plant used as a medicinal product: an overview of its phytochemistry, pharmacology, quality control and future research / Shi-Jun Liu [et al.] // Phytochemistry Reviews. 2020. Vol. 20. P. 507-541. doi.org/10.1007/s11101-020-09709-1.

14. Khadivi A., Beigi F. Morphological and chemical characterizations of jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) to select superior accessions // Food Sci Nutr. 2022. Vol. 10, No. 7. P. 2213-2223 doi.org/10.1002/fsn3.2831.

15. Zandiehvakili G., Khadivi A. Identification of the promising *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd. Genotypes using pomological and chemical properties // Food Sci Nutr. 2021. No. 9. P. 5698-5711. doi.org/10.1002/fsn3.2535.

16. Study of antiulcer, anti-inflammatory and immunomodulatory activity of polyextract of *Ziziphus jujuba* Mill fruits / Lupanova I.A. [et al.] // Issues of biological, medical and pharmacological chemistry. 2024. Vol. 27, No. 10. P. 3-10. doi.org/10.29296/25877313-2024-10-01. [In Russ.]

17. Barnaulov O.D. Brief review of medicinal properties of unabi (*Ziziphus jujuba*) // Traditional medicine. 2016. No. 2(45). P. 50-61. [In Russ.]

18. Variations in Morphological Characters and Antioxidant Potential of Different Plant Parts of Four *Ziziphus* Mill. Species from the Cholistan / Riaz M.U. [et al.] // Plants. 2021. No. 10. P. 2734. doi.org/10.3390/plants10122734.

19. Selection of superior genotypes of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lamk.) as revealed by fruit-related traits / Mirheidari F. [et al.] // Food Sci. Nutr. 2022. No. 10. P. 903-913. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2721>.

20. Sinko L.T. Methodical guidelines for the primary variety study of jujube. Yalta: GNBS, 1976. 42 p. [In Russ.]

21. Ksenofontova D.V., Pervitskaya L.V., Yakimenko V.I. Prospects for cultivation of jujube in the conditions of the Krasnodar Territory // Collection of scientific papers of VNIITsIK. 1994. Iss. 38. P. 215-227. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Кулян Раиса Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории генетики и селекции, Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»; 354002, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, д. 2/28, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8406-8197>, e-mail: raisa.kulyan22@gmail.com

Омарова Зухра Магомедовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории генетики и селекции, Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»; 354002, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Сочи, ул. Яна Фабрициуса, д. 2/28, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9397-1778>, e-mail: zuly_om@mail.ru

Raisa V. Kulyan, PhD (Agr.), Leading Researcher, Laboratory of Genetics and Breeding, Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences; 354002, the Russian Federation, Sochi, the Krasnodar Territory, 2/28 Yan Fabritsiusa St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8406-8197>, e-mail: raisa.kulyan22@gmail.com

Zukhra M. Omarova, PhD (Agr.), Senior Researcher, Laboratory of Genetics and Breeding, Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences; 354002, the Russian Federation, Sochi, the Krasnodar Territory, 2/28 Yan Fabritsiusa St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9397-1778>, e-mail: zuly_om@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Кулян Раиса Васильевна – разработка методики исследования, валидация данных.

Омарова Зухра Магомедовна – проведение эксперимента, оформление статьи по требованиям журнала, подбор литературных источников.

Claimed contribution of the authors

Raisa V. Kulyan – research methodology development, data validation.

Zukhra M. Omarova – experiment execution, article formatting according to the Journal requirements, and literature selection.

Поступила в редакцию 24.04.2026

Поступила после рецензирования 26.05.2026

Принята к публикации 28.05.2026

Received 24.04.2026

Revised 26.05.2026

Accepted 28.05.2026

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-117-127>

УДК 633.16 «324»:[631.53.01:631.811.1]



Влияние нормы высева и уровня азотного питания на продуктивность озимого ячменя

И.С. Петелин✉, Г.В. Чуварлеева, А.А. Мнатсаканян,
А.С. Тутучкина, Н.В. Серкин

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Национальный центр зерна им П.П. Лукьяненко»;
г. Краснодар, Российская Федерация,
✉petelin.igor@internet.ru

Аннотация. Введение. Реализация потенциала урожайности культуры (озимого ячменя) возможна лишь при точной адаптации ключевых агроприемов (норма высева и системы питания) под конкретный сорт. Это наглядно показывает ценность селекционных достижений и их постоянное обновление. Появление новых сортов озимого ячменя требует разработки для них специализированных агротехнологий. Однако эффективность таких технологий в полной мере раскрывается при их адаптации к почвенно-климатическим условиям региона. Такие системы должны обеспечивать устойчивую продуктивность культуры как в благоприятные, так в стрессовые годы за счёт регулируемых параметров посева и питания. **Цель исследования** заключается в разработке комплексных агротехнологических приемов, направленных на раскрытие заложенного потенциала новых сортов озимого ячменя (селекции «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко») в условиях Западного Предкавказья. **Объекты и методы исследования.** Опыт проводили в Национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко на новом сорте озимого ячменя – Мир и изучались нормы высева и различные фоны азотного питания в зависимости от обеспеченности почвы N-NO₃. **Результаты и обсуждение.** Исследования позволили определить влияние изучаемых факторов и выделить более эффективные варианты в опыте. Уровни содержания нитратного азота в почве оказали положительный эффект на все показатели структуры урожая и качества зерна в среднем на 4,5-5,0%. **Заключение.** Высокий результат, полученный в ходе исследований за период с 2023 по 2025 года по урожайности, получен с нормой высева 2 млн/га и обеспеченностью нитратным азотом в почве 6,5-7,0 мг/кг, где урожайность составила 7,5 т/га.

Ключевые слова: озимый ячмень, сорт Мир, норма высева, фон питания, аммиачная селитра, структура урожая, урожай, качество

Для цитирования: Петелин И.С., Чуварлеева Г.В. Мнатсаканян А.А. Тутучкина А.С., Серкин Н.В. Влияние нормы высева и уровня азотного питания на продуктивность озимого ячменя. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (2):117-127. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-117-127>

Благодарности. Работа выполнена по плану научно-исследовательских работ на 2023-2025 гг. ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко».

The effect of seeding rate and nitrogen nutrition level on winter barley productivity

I.S. Petelin✉, G.V. Chuvarleeva, A.A. Mnatsakanyan,
A.S. Tutuchkina, N.V. Serkin

The National Grain Centre named after P.P. Lukyanenko;
Krasnodar, the Russian Federation,
✉petelin.igor@internet.ru

© И.С. Петелин, Г.В. Чуварлеева, А.А. Мнатсаканян, А.С. Тутучкина, Н.В. Серкин, 2026

Abstract. Introduction. Reaching the yield potential of a crop (winter barley) is only possible with precise adaptation of key agricultural practices (seeding rate and nutrition) to a specific variety. This clearly demonstrates the value of breeding achievements and their constant renewal. The emergence of new winter barley varieties requires the development of specialized agricultural technologies. However, the effectiveness of such technologies is fully realized when they are adapted to the soil and climatic conditions of the region. Such systems should ensure stable crop productivity in both favorable and stressful years, due to adjustable sowing and nutrition parameters. **The goal of the research** was to develop integrated agronomic practices aimed at unlocking the potential of new winter barley varieties (bred by the National Grain Centre named after P.P. Lukyanenko) in the conditions of the Western Ciscaucasia. **The objects and methods of the research.** The experiment was conducted at the National Grain Centre named after P.P. Lukyanenko using a new winter barley variety, Mir; seeding rates and various nitrogen nutrition backgrounds depending on the soil N-NO₃ supply were examined. **The results and discussion.** The research allowed us to determine the influence of the factors studied and identify more effective options in the experiment. Nitrate nitrogen levels in the soil had a positive effect on all indicators of yield structure and grain quality by an average of 4.5-5.0%. **Conclusion.** High yield results were achieved during research conducted from 2023 to 2025 with a seeding rate of 2 million/ha and a soil nitrate nitrogen supply of 6.5-7.0 mg/kg, resulting in a yield of 7.5 t/ha.

Keywords: winter barley, Mir variety, seeding rate, nutritional background, ammonium nitrate, crop structure, yield, quality

For citation: Petelin I.S., Chuvarleeva G.V., Mnatsakanyan A.A., Tutuchkina A.S., Serkin N.V. The effect of seeding rate and nitrogen nutrition level on winter barley productivity. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2):117-127. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-117-127>

Acknowledgments. This work was carried out according to the research plan for 2023-2025 of the P.P. Lukyanenko Scientific Centre of Health.

Введение. На сегодняшний день увеличение производства зерна является приоритетной задачей для обеспечения продовольственной безопасности и развития сельского хозяйства нашей страны [1]. Основой для получения высокого урожая с минимальными затратами служит соблюдение агротехнологических рекомендаций для конкретной зоны возделывания. Внедрение в производство новых сортов озимого ячменя требует пересмотра подходов к агротехнике. Для получения стабильно высокого и качественного урожая необходима разработка рекомендаций для конкретных почвенно-климатических условий [2]. Озимый ячмень является ценной зернофуражной культурой в нашей стране, где одной из главных его достоинств является получение сырья для перловой и ячневой крупы [3-4]. Одними из эффективных способов раскрытия заложенного потенциала сорта, являются регулирующие факторы, такие как норма высева и фон азотного питания [5-7].

В критические периоды вегетации растений, когда ресурсы для их питания огра-

ничены, агрохимический анализ почвы позволит определить недостающее содержание элементов питания, где дальнейший расчёт для создания оптимального питательного фона позволит минимизировать затраты и дать гарантированный результат. Основным источником доступного азота для озимого ячменя ранней весной является нитратный азот. Обладая высокой миграционной способностью, он быстро вымывается с почвенной влагой в нижние горизонты, что приводит к дефициту элементов питания в пахотном слое. За последние годы селекционерами Национального центра зерна имени П.П. Лукьяненко было создано большое количество сортов, отличающихся как по морфотипу, так и по срокам возделывания. Отдельного внимания заслуживает высокопродуктивный сорт Мир. Он отличается повышенной потенциальной урожайностью, устойчивостью к полеганию и комплексу болезней, однако агротехнические параметры его возделывания изучены недостаточно. Выбирая срок и норму высева, необходимо учитывать био-

логические особенности сорта. Комплекс технологических мероприятий, который раньше был единым для всех зерновых культур, в настоящее время необходимо строить с учетом биологических особенностей современных сортов к условиям возделывания и их индивидуальной отзывчивостью на различные агроприемы, необходимо разрабатывать для каждого сорта свою сортовую агротехнику применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям [10]. В связи с этим для нового перспективного сорта озимого ячменя, с учетом его генетических особенностей, актуальной задачей является определение оптимального сочетания нормы высева и фона азотного питания на черноземе, выщелоченном Западного Предкавказья.

Цель исследования – изучение влияния и взаимодействия нормы высева и обеспеченности почвы нитратным азотом на урожайность и качество зерна озимого ячменя в условиях Западного Предкавказья.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- установить влияние норм высева и уровня обеспеченности почвы нитратным азотом на элементы структуры урожая озимого ячменя;
- изучить влияние изучаемых факторов на урожайность озимого ячменя;
- определить влияние изучаемых агроприемов на качество зерна озимого ячменя.

Объект и методы исследования. Исследования проводились в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Национальный центр зерна им. П.П. Лукьяненко», в лаборатории земледелия агротехнологического отдела, на

черноземе выщелоченном центральной зоны Краснодарского края. Объектом исследования является новый сорт озимого ячменя Мир, районированный в 2023 году (оригинатор «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко»), обладающий высокой продуктивностью, среднезимостойкостью и устойчивостью к полеганию и листовым болезням.

Зона возделывания характеризуется умеренно-континентальным климатом с признаками засушливости (коэффициент увлажнения 0,3-0,4). Среднегодовая сумма осадков варьирует в диапазоне 600-700 мм, однако в отдельные годы может отклоняться от 351 до 882 мм и характеризуется как зона неустойчивого земледелия. Динамика температуры воздуха и количества выпавших осадков в период вегетации озимого ячменя отражена в таблице 1.

В первый год исследований (2023-2024 с.-х., г.) температурный режим превышал среднемноголетние значения в течение всего периода вегетации озимого ячменя, за исключением мая (ниже нормы на 1,1⁰С). Неравномерное распределение отмечалось осенью и составило 284,8 мм, что на 108,6 меньше нормы. За зимний период выпало обильное количество осадков, а особенно дождливыми были декабрь и январь, тогда как февраль соответствовал средним значениям. Дождливая зима сменялась засушливой весной, где сумма осадков не превышала среднемноголетних значений, а в апреле и вовсе количество выпавших осадков составило всего 7,0 мм. Аналогичный недостаток влаги отмечался и в июне (17,3 мм, или менее 20% от нормы) в период завершающего этапа вегетации культуры.

Таблица 1. Погодные условия
Table 1. Weather conditions

Показатели	Год исследования	Месяц								
		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
температура воздуха, °С	2023-2024	15,1	10,9	6,4	2,2	6,3	7,9	17,1	15,9	24,4
	2024-2025	14,1	6,8	4,4	5,2	-2,4	10,6	12,3	17,1	21,3
	Среднемноголетняя	11,5	5,8	2,0	-0,6	0,5	5,0	12,2	17,0	21,0
сумма осадков, мм	2023-2024	27,3	148,7	108,8	141,1	41,1	21,9	7,0	65,9	17,3
	2024-2025	22,1	93,9	60,2	37,2	28,7	44,6	51,5	79,7	85,1
	Среднемноголетняя	58	68	75	61	44	45	55	69	82

Второй год исследования характеризовался менее благоприятными метеоусловиями по сравнению с первым годом, чем обуславливается существенное снижение урожайности озимого ячменя. В осенний период температура воздуха превышала среднееголетнее значения на 2-5⁰С. Анализ температурного режима показывает, что лишь в феврале температура воздуха достигала отрицательных значений (-2,4⁰С), тогда как в остальные зимние месяцы фиксировались плюсовые температуры. В марте средняя температура достигала 10,6⁰С, что на 5,6⁰С выше установленной многолетней нормы. В свою очередь, температурный режим в период с апреля по июнь характеризовался как типичный для данного периода и оставался в пределах среднееголетних значений. Обеспеченность влагой складывалась следующим образом: октябрь выдался засушливым относительно среднееголетних показателей, тогда как выпавшие осадки ноября (93,9 мм) с запасом перекрыли весь недобор предыдущего месяца. Благодаря этому почвенные запасы влаги пополнились, что способствовало созданию оптимальных условий для появления полноценных и дружных всходов озимого ячменя. Суммарное накопление влаги за зимний период составило 139 мм осадков. Весенний период было хорошо обеспечен влагой, что создало оптимальные условия для роста и развития растений. Июньские дожди (85,1) полностью покрыли потребности во влаге, что способствовало получению хорошего урожая. Полученные данные позволяют провести анализ продуктивного сорта озимого ячменя в зависимости от изучаемых факторов, что будет способствовать разработке дифференцированной технологии его возделывания для конкретной зоны.

Опыт заложен по следующей схеме:

Фактор А (норма высева семян озимого ячменя).

1. Два миллиона всхожих семян на гектар.
2. Четыре миллиона всхожих семян на гектар.
3. Шесть миллионов всхожих семян на гектар.

Фактор В (уровень содержания нитратного азота в почве).

1. Контроль (без внесения удобрений) – содержание N-NO₃ в почве – 1,9-2,3 мг/кг.

2. N-NO₃ – 4,5-5,0 мг/кг. Доведение содержания N-NO₃ до 4,5-5,0 мг/кг почвы (по почвенной диагностике), в начале возобновления весенней вегетации;

3. N-NO₃ – 6,5-7,0 мг/кг. Доведение содержания N-NO₃ до 6,5-7,0 мг/кг почвы (по почвенной диагностике), в начале возобновления весенней вегетации;

Повторность опыта – четырёхкратная, расположение делянок систематическое, общая площадь делянки 20 м², учётная – 15 м². Внесение удобрения проводили вручную в ранневесенний период, ориентируясь на данные агрохимического анализа почвы и доведения содержания N-NO₃ в почве до определенного значения. Озимый ячмень высевался по предшественнику – озимая пшеница, перед основной обработкой почвы в качестве фонового минерального питания вносили диаммофоску в дозе 200 кг/га (N₂₀P₅₂K₅₂). Технология возделывания озимого ячменя общепринятая для центральной зоны Краснодарского края, за исключением изучаемых факторов.

Наблюдения и учеты проводили согласно общепринятым методикам ГОСТам и рекомендациям.

1. Определение элементов структуры урожая озимого ячменя проводили в соответствии с методикой Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

2. Уборка урожая проводилась в фазу полной спелости зерна комбайном Тергiон 2010 с последующим пересчетом на 14% влажность, и 100% чистоту (22.06.24 г и 27.06.25 г).

3. Определение белка в зерне в соответствии с ГОСТом 28672-2019.

4. Статистическая обработка проводилась на основании пакета программ STATISTIC, дисперсионный анализ – по методике, изложенной Б.А. Доспеховым [3].

Результаты и обсуждение. Основные элементы структуры, определяющие урожайность озимого ячменя, формируются в процессе роста и развития растений и в значи-

тельной степени регулируются условиями выращивания (табл. 2).

Анализ полученных данных наглядно показывает, что увеличение нормы высева с 2 до 6 млн/га привело к повышению продуктивного стеблестоя от 309,4 до 556,9 шт./м². На нормах высева 2 и 4 млн/га отмечена тенденция к увеличению густоты продуктивного стеблестоя при повышении уровня азотного питания в сравнении с контролем в среднем на 4,5%. При увеличении нормы высева 6 млн/га отмечено снижение продуктивного стеблестоя на варианте с доведением содержания нитратного азота в почве до 6,5-7,0 мг/кг, что может свидетельствовать о высокой плотности посева и конкуренцией между растениями за доступные элементы питания.

Ключевым фактором, влияющим на количество зерен в колосе, оказалась норма высева, так как отмечена тенденция снижения изучаемого показателя с ее увеличением. Высокая озерненность колоса (43 зерна) была достигнута при минимальной норме высева – 2 млн/га. Повышение густоты стояния растений до 4 и 6 млн/га привело к уменьшению числа зерен в сравнении с контролем на 12,9 и 16,5 штук соответственно. При анализе данных длины колоса отмечено, что с увеличением нормы высева с 2 до 6 млн/га, длина колоса уменьшается с 6,4 до 5,4 см. В то же время влияние фона азотного

питания продемонстрировало стабильный положительный эффект на всех изучаемых нормах высева, увеличение содержания нитратного азота в почве привело к закономерному увеличению длины колоса. Это говорит о том, что в наших условиях обеспеченность азотом является лимитирующим фактором для потенциального роста растения озимого ячменя.

Анализ урожайности озимого ячменя сорта Мир в условиях 2023-2024 с.-х. года позволяет оценить вклад каждого фактора (табл. 3).

Влияние фактора А (нормы высева) на урожайность, показало, что средняя урожайность при норме высева 2 млн/га составила 8,25 т/га. При увеличении нормы высева до 4 млн/га отмечено снижение урожайности на 0,39 т/га, а с нормой высева 6 млн/га – увеличение на 0,42 т/га соответственно.

Вклад азотных удобрений (фактор В) в формировании урожая оказался менее выраженным и достоверно проявлялся только на одном варианте. Средняя урожайность на варианте без внесения удобрений составила 8,54 т/га.

Применение азотных подкормок привело к росту урожайности до 8,61 т/га с доведением содержания нитратного азота в почве 4,5-5,0 мг/кг и до 8,80 т/га на варианте с доведением до 6,5-7,0 мг/кг.

Таблица 2. Структура урожая озимого ячменя сорта Мир в зависимости от норм высева и обеспеченности почвы нитратным азотом в ранневесенний период, 2023-2025 с.-х., гг.
Table 2. Yield structure of winter barley of the Mir variety depending on seeding rates and soil nitrate nitrogen supply in the early spring period, 2023-2025 agricultural years

Норма высева на гектар (фактор А)	Обеспеченность почвы N-NO ₃ , мг/кг (фактор В)	Продуктивный стеблестой, шт./м ²	Количество зерен в колосе, шт.	Длина колоса, см
два миллиона всхожих семян	контроль (без внесения удобрений)	309,4	44,2	6,0
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	313,5	41,5	6,2
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	343,9	43,4	6,4
четыре миллиона всхожих семян	контроль (без внесения удобрений)	446,0	30,8	5,6
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	449,0	30,7	5,9
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	472,7	28,9	6,0
шесть миллионов всхожих семян	контроль (без внесения удобрений)	542,0	25,3	5,4
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	556,9	27,1	5,6
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	537,7	27,0	5,8

Таблица. 3. Урожайность озимого ячменя сорта Мир в зависимости от норм высева и обеспеченности почвы нитратным азотом в ранневесенний период, 2023-2024 с.-х., г.
Table 3. Yield of winter barley of the Mir variety depending on seeding rates and soil supply with nitrate nitrogen in the early spring period, 2023-2024 agricultural year

Норма высева на гектар (фактор А)	Обеспеченность почвы N-NO ₃ , мг/кг (фактор В)	Урожайность, т/га		
		по вариантам	фактор А	фактор В
два миллиона всхожих семян	Контроль (без удобрений)	8,39	8,64	8,54
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	8,49		8,61
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	9,04		8,80
четыре миллиона всхожих семян	Контроль (без удобрений)	8,18	8,25	–
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	8,37		–
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	8,21		–
шесть миллионов всхожих семян	Контроль (без удобрений)	9,06	9,06	–
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	8,98		–
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	9,14		–
НСР ₀₅		0,38	0,22	

Однако, согласно критерию наименьшей существенной разности (НСР₀₅–0,22 т/га), достоверной является только разница между урожайностью на варианте с доведением содержания нитратного азота в почве до 6,5-7,0 мг/кг (8,80 т/га) и контролем (8,54 т/га), которая составила 0,26 т/га. Это говорит о том, что для повышения урожайности в условиях 2023-2024 с.-х. г требовалось доведение содержания нитратного азота до 6,5-7,0 мг/кг почвы.

Оценка продуктивности озимого ячменя в зависимости от изучаемых факторов позволило установить наиболее результативные сочетания густоты посева и обеспеченности в почве нитратным азотом. Так, на контроле при норме высева 2 млн/га урожайность составила 8,39 т/га. Доведение содержания N-NO₃ в почве до 4,5- 5,0 мг/кг способствовало увеличению урожайности до 8,49 т/га, а при дальнейшем повышении содержания азота до 6,5-7,0 мг/кг был достигнут максимума – 9,04 т/га. При норме высева 4 млн/га урожайность минимальная и изменялась в узком диапазоне от 8,18 до 8,37 т/га, где существенного влияния изучаемых факторов не отмечено. Это говорит о том, что данная густота стояния в конкретных условиях возделывания оказалась неоптимальной. При норме высева 6 млн/га получена стабильно высокая урожайность на всех вариантах, а дополнительное азот-

ное питание не дало существенной прибавки урожайности.

В результате установлено, что высокая продуктивность озимого ячменя достигалась двумя эффективными элементами технологии при обеспеченности в почве нитратным азотом 6,5-7,0 мг/кг и нормах высева 2 и 6 млн/га, что подтверждает необходимость адаптивности агротехнических решений, основываясь на прогнозируемых погодных условиях.

В 2024-2025 сельскохозяйственном году в связи с менее благоприятными сложившимися погодными условиями по сравнению с предыдущим годом урожайность оказалась ниже, что видно из представленных данных в таблице 4.

Анализируя полученные данные в зависимости от нормы высева (фактор А), отмечено существенное влияние их на урожайность. Высокий средний результат получен при норме высева 4 млн/га, где урожайность составила 5,66 т/га, когда другие изучаемые нормы высева способствовали снижению урожайности в среднем на 5,4%.

Применение азотных подкормок (фактор В) достоверно повышало урожайность возделываемой культуры. Так, на контроле средняя урожайность составила 5,22 т/га. Повышение содержания нитратного азота в почве до 6,5-7,0 мг/кг увеличило урожайность на 0,50 т/га.

Таблица 4. Урожайность озимого ячменя сорта Мир в зависимости от норм высева и обеспеченности почвы нитратным азотом в ранневесенний период 2024-2025 с.-х. г.
Table 4. Yield of winter barley of the Mir variety depending on seeding rates and soil supply with nitrate nitrogen in the early spring period, 2024-2025 agricultural year

Норма высева на гектар (фактор А)	Обеспеченность почвы N-NO ₃ , мг/кг (фактор В)	Урожайность, т/га		
		по вариантам	фактор А	фактор В
два миллиона всхожих семян	Контроль (без удобрений)	4,80	5,18	5,22
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	4,85		5,44
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	5,89		5,72
четыре миллиона всхожих семян	Контроль (без удобрений)	5,54	5,66	–
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	5,64		–
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	5,81		–
шесть миллионов всхожих семян	Контроль (без удобрений)	5,32	5,53	–
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	5,83		–
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	5,44		–
НСР ₀₅		0,28	0,16	

Полученные результаты по вариантам опыта наглядно демонстрируют взаимодействие изучаемых факторов. Так, при норме высева 2 млн/га на контроле урожайность составила 4,80 т/га. Увеличение содержания нитратного азота в почве способствовало повышению урожайности. Высокий результат был отмечен на варианте с доведением содержания нитратного азота в почве до 6,5-7,0 мг/кг и составил 5,89 т/га, подтверждая, что потенциал продуктивности каждого растения при низкой конкуренции может быть раскрыт благодаря интенсивному питанию. При норме высева 4 млн/га урожайность была стабильно высокой и изменялась от 5,54 до 5,81 т/га, прибавка от удобрений получена минимальная, что говорит о сбалансированности данной системы и эффективном использовании растений озимого ячменя доступных элементов питания без признаков острой конку-

ренции. При норме высева (6 млн/га) урожайность на контроле составила 5,32 т/га, повышение фона азотного питания способствовало получению высокой урожайности 5,83 т/га, тогда как дальнейшее увеличение обеспеченности уровня азотного питания до 6,5-7,0 мг/кг в почве привело к снижению урожайности до 5,44 т/га.

Максимальная продуктивность отмечалась на варианте с минимальной нормой высева (2 млн/га) при содержании нитратного азота 6,5-7,0 мг/кг почвы. При этом, с точки зрения стабильности и устойчивости агроценоза во втором году исследований, преимущество оставалось при более высокой норме высева – 4 млн/га.

Качественные показатели озимого ячменя сорта Мир в зависимости от нормы высева и обеспеченности почвы нитратным азотом в ранневесенний период представлены в таблице 5.

Таблица 5. Качество зерна озимого ячменя сорта Мир в зависимости от норм высева и обеспеченности почвы нитратным азотом в ранневесенний период, 2023-2025 с.-х., гг.
Table 5. Grain quality of winter barley of the Mir variety depending on seeding rates and soil nitrate nitrogen supply in the early spring period, 2023-2025 agricultural years

Норма высева на гектар (фактор А)	Обеспеченность почвы N-NO ₃ , мг/кг (фактор В)	Натура, г/дм ³	Масса 1000 зерен, г	Массовая доля белка, %
два миллиона всхожих семян	Контроль (без удобрений)	600	50,2	9,8
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	612	52,7	10,2
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	615	51,7	10,8
четыре миллиона всхожих семян	Контроль (без удобрений)	617	49,9	10,2
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	596	50,6	10,3
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	622	50,6	10,9
шесть миллионов всхожих семян	Контроль (без удобрений)	612	50,8	10,1
	N-NO ₃ – 4,5-5,0	612	50,2	10,2
	N-NO ₃ – 6,5-7,0	615	50,4	10,5

На основании ГОСТа 28672-2019 натура зерна озимого ячменя, отвечающая требованиям первого класса, должна быть выше 630 г/дм³, второго класса – выше 570 г/дм³. Анализ полученных данных показал, что натура зерна изменялась по опыту от 596 до 622 г/дм³, что соответствует второму классу зерна.

Масса 1000 зерен озимого ячменя сорта Мир заявленная оригинатором составляет 48-60 г. В ходе проведенных исследований этот показатель варьировал от 49,9 до 52,7 г, что соответствует заявленным данным оригинатора. Однако какой-либо закономерности по изменению данного показателя в ходе проведенных исследований нами не было выявлено. Массовая доля белка (контроль) при норме высева 2 млн/га составила 9,8%.

Повышение обеспеченности нитратным азотом почвы, способствовала увеличению данного показателя до 10,8%. Данная закономерность прослеживалась и по другим изучаемым нормам высева.

Выводы. Проведённое исследование позволило определить влияние нормы высева и уровня азотного питания в ранневесенний период на изучаемые показатели,

которые позволяют сделать следующие заключение:

1. Результаты анализа структуры урожая свидетельствуют о том, что увеличение нормы высева приводит к закономерному росту густоты продуктивного стеблестоя. Однако этот рост сопровождается уменьшением ключевых показателей продуктивности (массы зерна с одного колоса и количества зерен в колосе), наиболее существенно это проявляется на высокой норме высева и при обеспеченности нитратным азотом в почве до 6,5-7,0 мг/кг.

2. Анализ урожайности двухлетнего исследования показал, что в получении высокого урожая, эффективное влияние оказало не только действие изучаемых факторов, но и разнообразные сложившиеся погодные условия.

3. Качественные показатели (натура и масса 1000 зерен) озимого ячменя сорта Мир соответствовали зерну второго класса, где существенного влияния на изменение данных не отмечено, за исключением некой тенденции касательно показателя белка, который с повышением содержания нитратного азота в почве увеличивался в среднем на 4,5%.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Продуктивность озимого ячменя в зависимости от нормы высева в условиях предгорного Крыма / Е.В. Горбунова [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. № 27 (190). С. 59-68.
2. Золотарева Р.И., Лапшин Ю.А., Максимов В.А. Влияние нормы высева и минерального питания на показатели структуры урожая яровой тритикале // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 4-1(106). С. 113-117. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.106.4.018>.
3. Репко Н.В. Селекция озимого ячменя на высокую продуктивность и зимостойкость в условиях Северного Кавказа: специальность 06.01.05 «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений»: автореф. дис. ... на соиск. уч. степ. д-ра с.-х наук. Краснодар, 2015. 47 с.
4. Возделывание озимого ячменя сорта Мир в зависимости от нормы высева и доз азотных подкормок / И. С. Петелин [и др.] // Современное состояние, проблемы и перспективы развития аграрной науки: материалы X Международной научной конференции (Симферополь, 08-12 сент. 2025 г.). Симферополь: Ариал, 2025. С. 23-24. DOI 10.5281/zenodo.17052187.

5. Ковалев С.С. Продуктивность озимого ячменя при оптимизации минерального питания растений на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья: дис. ... на соиск. уч. степ. канд. с.-х наук. Краснодар, 2023. 156 с.

6. Мокриевич Г.Л. Как учитывать биологические формы азота и фосфора // Сборник научных трудов. Персиановский, 2002. С. 10-17.

7. Влияние нормы высева на продуктивность и качество зерна в условиях Краснодарского края/ И.С. Петелин [и др.] // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сборник материалов V Международной научно-практической конференции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Иркутск: Медиамир, 2025. С. 528-535.

8. Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Котляров Н.С. Агрохимия. Майкоп: Афиша, 2006. С. 358-359.

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2012. 352 с.

10. Райнер Л., Штайнбергер И., Деке У. Озимый ячмень / пер. с нем. В.И. Понаморева. М.: Колос, 1980. 213 с.

REFERENCES

1. Winter barley productivity depending on the seeding rate in the Crimean foothills / E.V. Gorbunova [et al.] // Izvestiya selskokhozyaystvennoy nauki Tavrida. 2021. No. 27 (190). P. 59-68. [In Russ.]

2. Zolotareva R.I., Lapshin Yu.A., Maksimov V.A. Influence of seeding rate and mineral nutrition on the yield structure indicators of spring triticale // International Research Journal. 2021. No. 4-1 (106). P. 113-117. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2021.106.4.018>. [In Russ.]

3. Repko N.V. Breeding of winter barley for high productivity and winter hardiness in the conditions of the North Caucasus: specialty 06.01.05 "Breeding and seed production of agricultural plants": abstract of a dissertation for degree of Dr Sci. (Agr.). Krasnodar, 2015. 47 p. [In Russ.]

4. Cultivation of winter barley variety Mir depending on the seeding rate and doses of nitrogen fertilizers / I. S. Petelin [et al.] // Current state, problems and prospects for the development of agricultural science: proceedings of the X International scientific conference (Simferopol, September 8-12, 2025). Simferopol: Arial, 2025. P. 23-24. DOI 10.5281/zenodo.17052187. [In Russ.]

5. Kovalev S.S. Winter Barley Productivity with Optimized Mineral Nutrition of Plants on Leached Chernozem in the Western Ciscaucasia: Dis. ... for the PhD (Agr.) Krasnodar, 2023. 156 p. [In Russ.]

6. Mokrievich G.L. How to take into account biological forms of nitrogen and phosphorus // Collection of scientific papers. Persianovsky, 2002. P. 10-17. [In Russ.]

7. The Influence of Seeding Rate on Grain Productivity and Quality in the Krasnodar Territory / I.S. Petelin [et al.] // Scientific Support for Sustainable Development of the Agro-Industrial Complex in the Conditions of Climate Aridization: Collection of Materials of the V International Scientific and Practical Conference of the RosNIISK "Rossorgo". Irkutsk: Mediamir, 2025. P. 528-535. [In Russ.]

8. Sheudzhen A.Kh., Kurkaev V.T., Kotlyarov N.S. Agrochemistry. Maikop: Afisha, 2006. P. 358-359. [In Russ.]

9. Dospekhov B.A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Alliance, 2012. 352 p. [In Russ.]

10. Rainer L., Steinberger I., Deke U. Winter barley / translated from German by V.I. Ponomarev. Moscow: Kolos, 1980. 213 p. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Петелин Игорь Сергеевич, младший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна им П.П. Лукьяненко»; 350012, Российская федерация, г. Краснодар, ул. Академика Лукьяненко д. 38, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5298-6427>, e-mail: petelin.igor@internet.ru

Галина Владимировна Чуварлеева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Национальный центр зерна им П.П. Лукьяненко»; 350012, Российская федерация, г. Краснодар, ул. Академика Лукьяненко д. 38, ORCID 0000-0002-5150-890X, e-mail: agrotatnew@mail.ru

Мнатсаканян Арсен Аркадьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией земледелия, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна им П.П. Лукьяненко»; 350012, Российская федерация, г. Краснодар, ул. Академика Лукьяненко д. 38, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1214-1068>, e-mail: newagrotech2015@mail.ru

Тутучкина Алина Сергеевна, научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна им П.П. Лукьяненко»; 350012, Российская федерация, г. Краснодар, ул. Академика Лукьяненко д. 38, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5937-462X>, e-mail: agrotatnew@mail.ru

Igor S. Petelin, Junior Researcher, National Grain Centre named after P.P. Lukyanenko; 350012, the Russian Federation, Krasnodar, 38 Academician Lukyanenko St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5298-6427>, e-mail: petelin.igor@internet.ru

Galina V. Chuvareeva, PhD (Agr.), Leading researcher, National Grain Centre named after P.P. Lukyanenko; 350012, the Russian Federation, Krasnodar, 38 Academician Lukyanenko St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5150-890X>, e-mail: agrotatnew@mail.ru

Arsen A. Mnatsakanyan, PhD (Agr.), Senior researcher, Head of the Laboratory of Land Husbandry, National Grain Centre named after P.P. Lukyanenko; 350012, the Russian Federation, Krasnodar, 38 Academician Lukyanenko St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5150-890X>, e-mail: agrotatnew@mail.ru

Alina S. Tutuchkina, Researcher, National Grain Centre named after P.P. Lukyanenko; 350012, the Russian Federation, Krasnodar, 38 Academician Lukyanenko St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5937-462X>, e-mail: agrotatnew@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Петелин Игорь Сергеевич – подбор литературных источников, проведение эксперимента 2024-2025 гг., оформление статьи по требованиям журнала

Чуварлеева Галина Владимировна – проведение эксперимента 2024-2025 гг., обработка результатов полевых опытов.

Мнатсаканян Арсен Аркадьевич – проведение эксперимента 2024-2025 гг., обработка полевых результатов исследований.

Тутучкина Алина Сергеевна – проведение эксперимента 2024-2025 гг., оформление статьи по требованиям журнала.

Серкин Николай Викторович – подбор литературных источников.

Claimed contribution of the authors

Igor S. Petelin – literature review, conducting the experiment in 2024-2025, and preparing the article in accordance with the requirements of the Journal

Galina V. Chuvareeva – conducting the experiment in 2024-2025 and processing the field results.

Arsen A. Mnatsakanyan – conducting the experiment in 2024-2025 and processing the field results.

Alina S. Tutuchkina – conducting the experiment in 2024-2025 and preparing the article in accordance with the requirements of the Journal.

Nikolai V. Serkin – literature review.

Поступила в редакцию 11.04.2026

Поступила после рецензирования 13.05.2026

Принята к публикации 15.05.2026

Received 11.04.2026

Revised 13.05.2026

Accepted 15.05.2026

4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

4.1.3. Agrochemistry, Agrosoil Science, Plant Protection and Quarantine

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-128-138>



УДК [631.445.4:631.452] (470.62)

Плодородие лугово-черноземных почв в условиях рисосеяния левобережья Кубани

А.Х. Шеуджен¹, О.А. Гуторова✉^{1,2}, Ю.Н. Ашинов²

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»;

г. Краснодар, Российская Федерация,
✉ashad.sheudzhen@mail.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»,

г. Майкоп, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Основные рисовые массивы в Республике Адыгея расположены в Шовгеновском, Теучежском, Красногвардейском и Тахтамукайском районах, почвенный покров которых представлен луговыми, лугово-черноземными, лугово-болотными и аллювиально-луговыми почвами, подверженными воздействию антропогенных факторов. **Цель** исследования заключалась в проведении почвенно-агрохимической оценки лугово-черноземной почвы левобережья Кубани, используемой в рисовом севообороте. **Объекты и методы исследования.** Исследования проведены на лугово-черноземной почве Чибийской оросительной системы левобережья Кубани и включали профильно-морфологический, полевые, аналитические и статистические методы исследования. **Результаты.** Установлено, что в лугово-черноземной почве левобережья Кубани, используемой в рисовом севообороте, преобладают процессы выщелачивания, при которых происходит уменьшение в пахотном горизонте илистых фракций на 12%, подвижного фосфора, на 23%, обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , на 2,4-2,7% и карбонатов на 0,87-4,48%. **Заключение.** Вследствие развития элювиально-глеевых процессов в лугово-черноземной почве левобережья Кубани, используемой в рисосеянии, усиливаются гидроморфные признаки, процессы вымывания карбонатов, илистой фракции, подвижных форм фосфора и железа, происходит уплотнение пахотных и подпахотных горизонтов, что обуславливает необходимость проведения мониторинговых исследований за состоянием их плодородия и соблюдения научнообоснованного применения удобрений.

Ключевые слова: лугово-черноземная почва, левобережье Кубани, рисовый севооборот, плодородие почвы, морфология почвы, элювиально-глеевые процессы, выщелачивание, свойства почвы, окислительно-восстановительный режим

Для цитирования: Шеуджен А.Х., Гуторова О.А., Ашинов Ю.Н. Плодородие лугово-черноземных почв в условиях рисосеяния левобережья Кубани. *Новые технологии / New technologies*. 2026; 22 (2):128-138. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-128-138>

Fertility of meadow-chnozem soils under rice cultivation conditions on the left bank of the Kuban

A.Kh. Sheudzhen¹, O.A. Gutorova✉^{1,2}, Yu.N. Ashinov²

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin;
Krasnodar, the Russian Federation,
✉ashad.sheudzhen@mail.ru

²Maykop State Technological University;
Maikop, the Russian Federation

Abstract. Introduction. The main rice fields in the Republic of Adygea are located in the Shovgenovsky, Teuchezhsky, Krasnogvardeysky and Takhtamukaysky districts; the soil cover there is represented by meadow, meadow-chnozem, meadow-marsh and alluvial-meadow soils, exposed to anthropogenic factors. The goal of the research was to conduct a soil-agrochemical assessment of the meadow-chnozem soil of the left bank of the Kuban River, used in rice crop rotation. **The objects and methods of the research.** The studies were conducted on the meadow-chnozem soil of the Chibiyskaya irrigation system on the left bank of the Kuban River and included profile-morphological, field, analytical and statistical research methods. **The results.** It was established that leaching processes predominate in the meadow-chnozem soil of the left bank of the Kuban River, used in rice crop rotation. These processes lead to a 12% decrease in clay fractions, 23% decrease in mobile phosphorus, 2.4-2.7% decrease in exchangeable Ca^{2+} and Mg^{2+} cations, and 0.87-4.48% decrease in carbonates in the arable horizon. **Conclusion:** Due to the development of eluvial-gley processes in the meadow-chnozem soil of the left bank of the Kuban River, used in rice cultivation, hydromorphic characteristics are enhanced, as are the leaching of carbonates, clay fractions, mobile phosphorus, and iron. Compaction of the arable and subarable horizons occurs, necessitating monitoring of their fertility and adherence to scientifically sound fertilizer application practices.

Keywords: meadow-chnozem soil, left bank of the Kuban River, rice crop rotation, soil fertility, soil morphology, eluvial-gley processes, leaching, soil properties, oxidation-reduction regime

For citation: Sheudzhen A.Kh., Gutorova O.A., Ashinov Yu.N. Fertility of meadow-chnozem soils under rice cultivation conditions on the left bank of the Kuban. *Novye tehnologii / New technologies*. 2026; 22 (2):128-138. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2026-22-2-128-138>

Введение. Республика Адыгея расположена на юго-западе Российской Федерации, в левобережье Кубани и входит в состав Южного федерального округа, занимая центральную часть Прикубанской наклонной (Закубанской) равнины и северные склоны Северо-Западного Кавказа. Основная территория республики находится в бассейне двух притоков Кубани – Лабы и Белой [1-2].

Земельные ресурсы занимают ведущее место в природном и экономическом потенциале Республики Адыгея. В соответствии с данными Управления Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Республике Адыгея по состоянию на 1 января 2025 года земельный фонд

Республики Адыгея составляет 779,18 тыс. га. По результатам агрохимического обследования почв республики средневзвешенное содержание гумуса составляет 3,6%, подвижного фосфора – 30,2 мг/кг, обменного калия – 345,9 мг/кг и показатель кислотности почв – pH 5,4 [3]. Наиболее распространенными почвами являются черноземы выщелоченные (138,1 тыс. га), черноземы слитые (67,1 тыс. га), лугово-черноземные (87,1 тыс. га), луговые (58,1 тыс. га), серые лесостепные (70,5 тыс. га), серые лесные (10,7 тыс. га) [4].

Республика Адыгея обладает обширными ресурсами для развития агропромышленного комплекса. Регион занимает второе место в России по урожайности зер-

новых культур со средним показателем 57,5 ц/га в 2025 году. Валовой сбор зерна озимой пшеницы достигал 543 тыс. т. со средней урожайностью в 60,2 ц/га. Сбор озимого рапса составил 29,5 тыс. т, озимого ячменя – 42,6 тыс. т при средней его урожайности 50,6 ц/га. В последние годы особое внимание отводится производству риса. В промышленных масштабах его выращивают в Краснодарском крае и Республике Адыгея. В республике риса собрали 1,5 тыс. т со средней урожайностью в 2025 году 60 ц/га, основными рисовыми массивами являются Чибийская, Адыгейская и Афи́пская инженерные рисовые системы, рисосеющими районами – Шовгеновский, Теучежский, Красногвардейский и Тахтамукайский, источниками водоснабжения – реки Лаба и Кубань, водоприемниками – Краснодарское водохранилище и Лаба.

Почвенный покров основных районов возделывания риса в Адыгее представлен луговыми, лугово-черноземными, лугово-болотными, аллювиально-луговыми почвами. Эти почвы расположены вдоль левого берега реки Кубани, мощность их гумусовых горизонтов составляет 65-120 см, они обладают довольно высокой плотностью, слабой водопроницаемостью и тяжелым гранулометрическим составом. Среди них встречаются солонцеватые разности с разной степенью солонцеватости [1, 3-4].

Почвы рисовых агроландшафтов подвержены воздействию антропогенных факторов и, в первую очередь, влиянию периодического затопления. Чередование окислительного и восстановительного режимов, свойственное почвам рисового агроценоза, отражается на интенсивности и направленности протекающих в них почвенных процессов: миграции по профилю химических соединений, синтеза и распада минеральных и органических веществ, скорости протекания микробиологических и биохимических процессов, от которых во многом зависит уровень их плодородия [5-11].

Цель исследования. Почвенно-агрохимическая оценка лугово-черноземной

почвы рисовой оросительной системы в условиях левобережья Кубани.

Объекты и методы исследования.

Объектом исследования являлась лугово-черноземная почва левобережья реки Кубань. При выполнении работы применялись профильно-морфологические, полевые, аналитические и статистические методы исследования [12-13].

На лугово-черноземной почве Чибийской рисовой оросительной системы левобережной поймы реки Кубань был заложен почвенный разрез глубиной 150 см. Закладка разреза осуществлялась весной 2024 г. в пределах землепользования Адыгейского научного технологического центра по рису (пос. Прикубанский, Тахтамукайский район). При морфологическом описании почвы были выделены почвенно-генетические горизонты, определена их мощность, глубина всего профиля и отмечены все характерные морфологические признаки. Для отбора почвенных проб с каждого почвенно-генетического горизонта использовался метод сплошной колонки. Аналитические исследования выполнялись на кафедре агрохимии Кубанского ГАУ и включали определение: $pH_{вод.}$ потенциометрическим методом, гранулометрического состава почвы методом пипетки с обработкой пиррофосфатом натрия, плотности почвы ненарушенного сложения по Качинскому, плотности твердой фазы почвы пикнометрическим методом, общей пористости почвы расчетным способом, содержания в почве подвижного железа по Казариновой-Окниной, общего гумуса по Тюрину, общего азота по Къельдалю, подвижных форм фосфора и калия по Чирикову, карбонатов газовазольметрическим методом [12]. Экспериментальные данные подвергались статистической оценке [13].

Результаты и обсуждение. Для лугово-черноземной почвы, по результатам морфологического анализа, характерной чертой является проявление по всей толще почвенного профиля гидроморфных признаков, диагностируемых в виде прожилок

ржавчины и охристых пятен, что свидетельствует о чередовании процессов окисления и восстановления. При этом уже с поверхности почвы наблюдались черные пятна и точки, указывающие на присутствие в ней сульфидных соединений. Глубина почвенного разреза 1,5 м, профиль почвы хорошо дифференцирован на почвенно-генетические горизонты $A_{\text{пах}} - A - AB - B - C$, мощность которых представлена в таблице 1. По мощности исследуемая почва относится к мощной ($A+AB = 114$ см), а по степени выщелачивания карбонатов – к слабовыщелоченной с проявлением реакции на 10 %-ную соляную кислоту ниже 40 см. Последнее указывает на развитие процесса выщелачивания (табл. 1). В результате чередования периодов увлажнения и иссушения, связанного со спецификой выращивания риса, почвенные горизонты уплотнены, что подтверждено также данными по плотности сложения почвы на рисунке 3.

Таблица 1. Морфометрические признаки лугово-чернозёмной почвы левобережья Кубани

Table 1. Morphometric characteristics of meadow-chernozem soils of the left bank of the Kuban

Морфометрический признак	Величина
Мощность почвенно-генетических горизонтов, см	
$A_{\text{пах}}$	20
A	42
AB	52
B	26
C	вода
Глубина выделений новообразований (начало-конец и/или начало), см	
железистых	0-138
сульфидных	0-20
сизых пятен	0-20
карбонатных	52
Вскипание от 10 % HCl, см	60
Уровень грунтовых вод, см	145

Для почв, подверженных избыточному увлажнению, характерно образование реакционно-подвижных форм железа (FeO и Fe_2O_3), которые мигрируют по почвенному профилю, обедняя пахотный горизонт и

накапливаясь в нижней толще. Выделение железистых новообразований в виде охристых стяжений, пятен и прожилок ржавчины отчетливо видно при морфологическом анализе почвы, которые обнаружены в пределах всего профиля как следствие окисления восстановленного железа (табл. 1). Процессы, связанные с потерей железа из пахотного слоя, нежелательны для культуры риса, поскольку этот элемент снижает действие токсичных продуктов анаэробного разложения, образующихся при затоплении почв рисовых полей. При этом дефицит железа может сказаться на минеральном питании риса с проявлением у растений хлороза листьев, что приведет к замедлению их роста и снижению продуктивности рисового агроценоза.

Во вскрытом почвенном профиле лугово-черноземной почвы левобережной поймы реки Кубань суммарное содержание подвижного железа ($FeO + Fe_2O_3$) составляло 192,4 мг/100 г в горизонте $A_{\text{пах}}$ и снижалось до 20,2 мг/100 г в почвообразующей породе с преобладанием трехвалентной формы. На долю восстановленного железа для верхних горизонтов $A_{\text{пах}}$ и A приходилось 3,6-4,3%, нижних горизонтов AB, B и C – 15,8-33,1% от суммарного его содержания. При этом, более узкое отношение $FeO : Fe_2O_3$, свойственное для верхних горизонтов почвы (0,04), увеличивалось вниз по профилю до 0,19-0,50 (рис. 1).

Распределение по почвенному профилю оксидов двух- и трехвалентного железа характеризует окислительно-восстановительный режим лугово-черноземной почвы, где выражено развитие элювиально-глеевого процесса (рис. 1). Так, накопление восстановленной формы железа наблюдалось на глубине около 1 м или же в горизонте B, что указывает на усиление анаэробных процессов в нижележащих слоях почвы, а равномерное снижение содержания железа по профилю почвы отмечено для окисленной его формы.

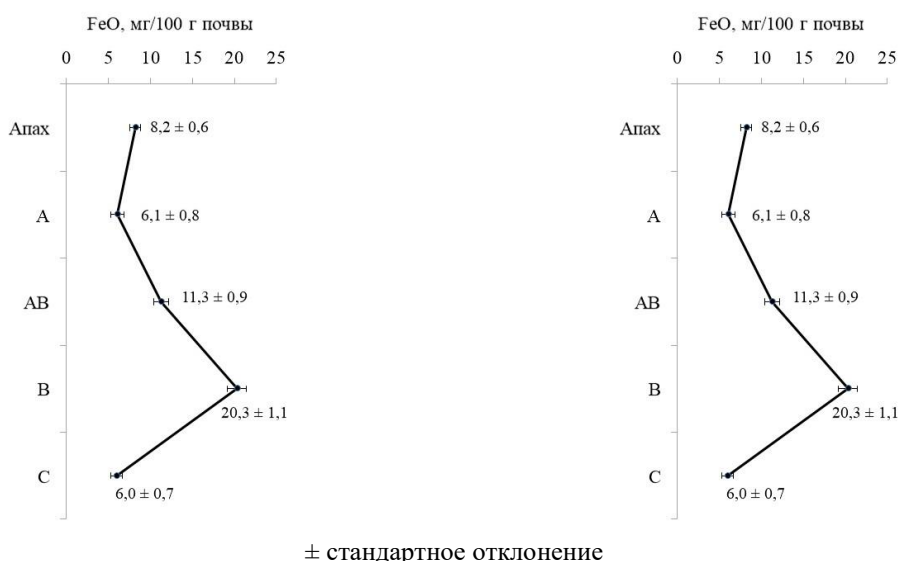


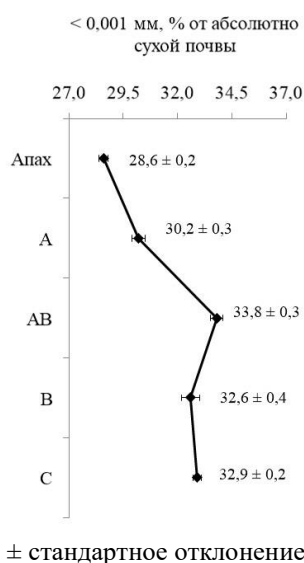
Рис 1. Содержание подвижных форм железа в лугово-черноземной почве левобережья Кубани
Fig. 1. The content of mobile forms of iron in the meadow-chernozem soil of the left bank of the Kuban

Лугово-черноземная почва левобережья Кубани обладает тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, где физической глины в пахотном горизонте содержится 57,0 %. При этом распределение ее по почвенному профилю не равномерное – наблюдается увеличение частиц < 0,01 мм на 4,5% в горизонте АВ. По соотношению пылеватых, илистых и песчаных частиц исследуемая почва иловато-пылеватая. Их содержание в пахотном горизонте составляет 49,5%, 28,6% и 21,9% от абсолютно сухой почвы соответственно. Лугово-черноземные почвы сформировались на аллювиальных легких глинах, характеризующихся содержанием физической глины, пыли, ила и песка – 60,1%, 47,3%, 32,9% и 19,6% соответственно.

В почвах, используемых в рисосеянии и подверженных условиям чередования периодов окисления и восстановления, развиваются элювиально-глеевые процессы. Вследствие этого происходит вымывание илистых фракций (< 0,001 мм) из верхних горизонтов в более глубокие слои почвы. Проведенные исследования показали, что в лугово-черноземной почве левобережья реки Кубань в пахотном и подпахотном горизонтах содержание тонкодисперсных частиц < 0,001 мм

уменьшилось на 12% и 18% относительно горизонта АВ соответственно (рис. 2).

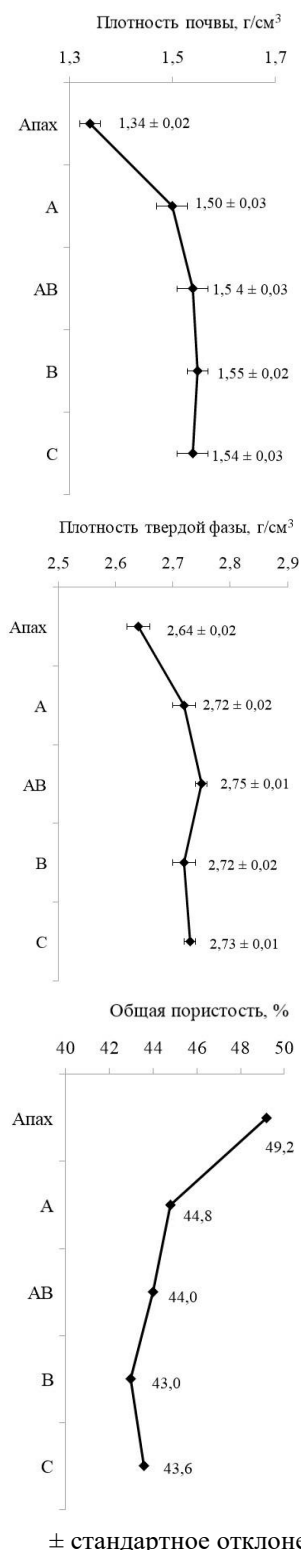
Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальные значения плотности и плотности твердой фазы почв находятся в пределах 1,10-1,20 г/см³ и 2,4-2,8 г/см³ соответственно [16]. Плотность пахотного горизонта лугово-черноземной почвы левобережья реки Кубань составляет 1,34 г/см³, с глубиной профиля она повышается до 1,50-1,55 г/см³. Плотность твердой фазы находится на уровне 2,64-2,75 г/см³, значения которой снижены в нижней части профиля в результате уменьшения содержания гумуса. Одной из характеристик сложения почвы является её общая пористость, которая определяется как отношение объема капиллярных и некапиллярных пор (пустот), занятых водой и почвенным воздухом ко всему объему, занимаемому почвой. Эта величина находится в обратной зависимости от плотности сложения почвы. Считается, что оптимальная пористость почвы, равная 50-60%, свидетельствует о хорошей ее аэрации и водопроницаемости, что очень важно для культур, предшествующих рису. Общая пористость пахотного горизонта лугово-черноземной почвы 49,2% и снижается с глубиной профиля до 43,0-44,8% (рис. 3).



± стандартное отклонение
Рис. 2. Распределению ила (< 0,001 мм) по профилю лугово-черноземной почвы левобережья Кубани

Fig. 2. Distribution of silt (< 0.001 mm) across the profile of the meadow-chernozem soil of the left bank of the Kuban

Органическое вещество почвы является важным показателем, характеризующим уровень ее плодородия. Гумус, входящий в состав почвенного коллоидного комплекса и имеющий существенное значение в поглотительной способности, обеспечивает большую ёмкость поглощения почвы. Лугово-черноземная почва, расположенная на рисовой оросительной системе левобережной поймы реки Кубань, по обеспеченности гумусом относится к слабогумусной, содержание его постепенно снижается по профилю с 2,95% в пахотном горизонте ($A_{\text{пах}}$) до 0,66% в почвообразующей породе. В метровом слое почвы ($A+AB$) запасы гумуса составляют 389,4 т/га. Они снижены в $A_{\text{пах}}$ и увеличены вдвое в нижележащих горизонтах А и АВ вследствие высокой подвижности водорастворимого органического вещества (рис. 4). Потери водорастворимого гумуса из пахотного горизонта почвы возникают в восстановленных условиях рисового поля, приводящих к образованию водорастворимых железоорганических комплексов, свободно мигрирующих по почвенному профилю [6, 14-15].



± стандартное отклонение
Рис. 3. Изменение физических показателей по профилю лугово-черноземной почвы левобережья Кубани

Fig. 3. Changes in physical parameters along the profile of the meadow-chernozem soil of the left bank of the Kuban River

Специфический водно-воздушный режим почв, складывающийся при возделывании риса, отражается на катионном составе почвенно-поглощающего комплекса (ППК) [5-7]. Характерной особенностью лугово-черноземной почвы, вовлеченной в рисосеяние, является довольно высокая насыщенность ППК катионом кальция, которая достигает 72,8% от суммы поглощенных оснований, после него преобладает магний 20,2% и катионы калия и натрия 3,4-3,7%. Специфические условия возделывания риса способствуют вымыванию из пахотного горизонта обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Их содержание снизилось в пахотном горизонте на 2,4-2,7% и увеличилось в подпахотном (табл. 2).

Распределение карбонатов по профилю лугово-черноземной почвы левобережья Кубани указывает на развитие процесса выщелачивания. Их содержанием обеднен пахотный горизонт на 0,87-4,48% и обогащены нижележащие слои (1,09-4,70% CaCO_3) при изменении $\text{pH}_{\text{вод.}}$ с 6,73 в $\text{A}_{\text{пах}}$ до 8,19 в горизонте С (рис. 5).

Содержание азота, как и органического углерода, в почве являются важными индикаторами ее плодородия. Отношение С: N характеризует обогащенность гумуса азотом. Содержание общего азота в пахотном горизонте лугово-черноземной почвы составляет 0,192%. Отношение С : N изменяется по профилю от 8,9 до 9,1, т.е. содержание азота в составе гумуса снижается с глубиной почвы (табл. 2).

По содержанию в пахотном горизонте подвижного фосфора (по Чирикову) лугово-черноземная почва левобережья Кубани низко обеспечена этим элементом питания. Распределение его содержания по почвенному профилю дифференцировано – подвижной формы фосфора меньше в пахотном горизонте на 23% относительно подпахотного. Содержание подвижного калия, напротив, с глубиной профиля постепенно снижается, что позволяет отнести исследуемую почву к группе высокообеспеченной этим элементом (табл. 2).

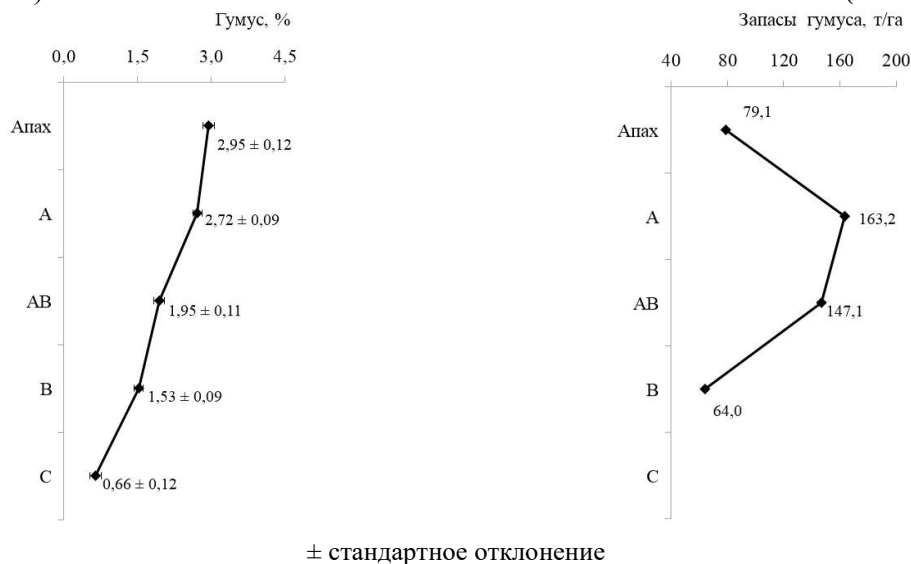


Рис. 4. Распределение содержания гумуса и его запасов по профилю лугово-черноземной почвы левобережья Кубани

Fig. 4. Distribution of humus content and its reserves along the profile of meadow-chernozem soil of the left bank of the Kuban

Таблица 2. Химические и физико-химические показатели лугово-черноземной почвы левобережья Кубани

Table 2. Chemical and physicochemical indicators of meadow-chnozem soil of the left bank of the Kuban

Горизонт	C, %	N _{общ.} , %	C : N	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
				мг.-экв./100 г почвы				мг/кг	
Апах	1,71	0,192	8,9	25,2	6,98	1,19	1,28	29,8	289,0
А	1,58	0,164	9,6	25,9	7,15	0,92	1,35	36,6	172,0
АВ	1,13	0,124	9,1	—	—	—	—	31,3	144,0
В	0,89	—	—	—	—	—	—	27,1	98,0
С	0,38	—	—	—	—	—	—	19,2	91,0

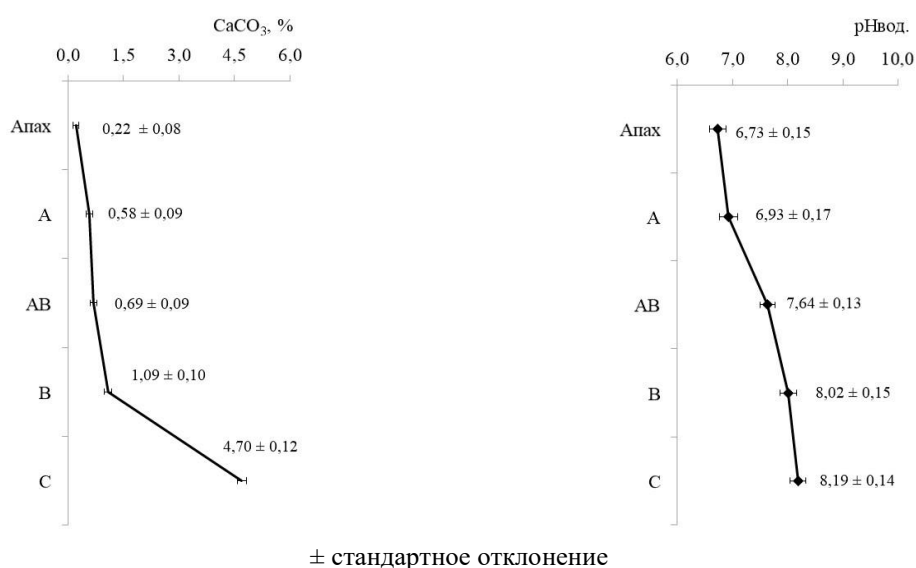


Рис. 5. Изменение содержания карбонатов и pH по профилю лугово-черноземной почвы левобережья Кубани

Fig. 5. Changes in the content of carbonates and pH along the profile of meadow-chnozem soil on the left bank of the Kuban River

Закключение. Специфические особенности возделывания риса, связанные с периодичностью окислительно-восстановительного режима, оказывают влияние на свойства лугово-черноземной тяжелосуглинистой почвы левобережья Кубани, используемой в рисовом севообороте. Вследствие развития элювиально-глеевых процессов в почве проявляются гидроморфные признаки, отмеча-

ется уплотнение пахотных и подпахотных горизонтов, вымывание карбонатов, тонкодисперсных частиц ила, подвижных форм железа и фосфора. При таких условиях необходимы мониторинговые исследования за состоянием плодородия почв и научно-обоснованное применение удобрений, учитывающие сортовые особенности культуры, предшественника, технологию выращивания и почвенно-климатические условия.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ашинов Ю.Н., Мамсиров Н.И. Мониторинг земельных угодий и уровня плодородия почв Республики Адыгея // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 3. С. 185-197.
2. Доклад об экологической ситуации в Республике Адыгея за 2024 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.adygheya.ru/ministers/departments/upravlenie-po-okhrane-okruzhayushchey-sredy-i-prirodnym-resursam/informatsi/doklady/> (дата обращения 15.12.2025).
3. Туова Т.Г. География почв с основами почвоведения. Майкоп, 2013. С. 130-136.
4. Туова Т.Г., Тугуз Ф.В. Мониторинг качества антропогенных почв сельскохозяйственного назначения Республики Адыгея // Вестник Адыгейского государственного университета. 2014. Вып. 2 (137). С. 92-95.
5. Гуторова О.А. Романенков В.А., Шеуджен А.Х. Динамика показателей плодородия лугово-черноземной почвы при длительном возделывании риса // Агрохимия. 2019. № 10. С. 25-34.
6. Гуторова О.А., Шеуджен А.Х. Эколого-агрохимическое состояние почв рисовых агроландшафтов: монография. Майкоп: Полиграф-Юг, 2020. 347 с.
7. Система рисоводства Российской Федерации / под общ. ред. С.В. Гаркуши. Краснодар: ФНЦ риса; Просвещение-Юг, 2022. 368 с.
8. Хитров Н.Б., Роговнева Л.В. Пятилетнее изменение засоленности почв и грунтов рисовых систем Прикаркинской низменности после прекращения орошения // Почвоведение. 2021. № 1. С. 120-135.
9. Buelvas-Jiménez M., González-Pedraza A. Caracterización química de suelos cultivados con arroz en el municipio de Majagual, subregión de La Mojana, Sucre, Colombia // INGE CUC. 2022. Vol. 18, № 2. P. 128-142.
10. Magahud J.C., Badayos R.B., Sanchez P.B. Soil properties of major irrigated rice areas in the Philippines // Asia Life Sciences. 2016. Vol. 25, Iss. 1.
11. Sodikova G.S., Kodorov E.T. Effect of Rice Cultivation on Soil Agrochemical Properties in Meadow-Swamp Soils // J Biomed Res Environ Sci. 2023. Vol. 4 (12). P. 1669-1674.
12. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Гуторова О.А. Руководство к практическим занятиям по экспериментальной агрохимии. Майкоп: Полиграф-Юг, 2024. 800 с.
13. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов. Майкоп: Полиграф-Юг, 2015. 664 с.
14. Maie N., Watanabe A., Kimura M. Origin and properties of humus in the subsoil of irrigated rice paddies. I. Leaching of organic matter from plow layer soil and accumulation in subsoil // Soil Sci. and Plant Nutr. 1997. Vol. 43, No. 4. P. 901-910.
15. Drainage and leaching losses of nitrogen and dissolved organic carbon after introducing maize into a continuous paddy-rice crop rotation / Y.He [et. al.] // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2017. Vol. 249. P. 91-100.
16. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. М.: Агропромиздат, 1988. 159 с.

REFERENCES

1. Ashinov Yu.N., Mamsirov N.I. Monitoring land areas and soil fertility in the Republic of Adyghea // New Technologies. 2022. Vol. 18, No. 3. P. 185-197. [In Russ.]
2. Report on the Environmental Situation in the Republic of Adyghea for 2024 [Electronic Resource]. Available at: <http://www.adygheya.ru/ministers/departments/upravlenie-po-okhrane-okruzhayushchey-sredy-i-prirodnym-resursam/informatsi/doklady/> (Accessed 15.12.2025). [In Russ.]
3. Tuova T.G. Soil Geography with Fundamentals of Soil Science. Maikop, 2013. P. 130-136. [In Russ.]
4. Tuova T.G., Tuguz F.V. Monitoring the quality of anthropogenic agricultural soils of the Republic of Adyghea // Bulletin of Adyghe State University. 2014. Issue 2 (137). P. 92-95. [In Russ.]
5. Gutorova O.A., Romanenkov V.A., Sheudzhen A.Kh. Dynamics of fertility indicators of meadow-chnozem soil during long-term rice cultivation // Agrochemistry. 2019. No. 10. P. 25-34. [In Russ.]

6. Gutorova O.A., Sheudzhen A.Kh. Ecological and agrochemical state of soils of rice agrolandscapes: a monograph. Maikop: Poligraf-Yug, 2020. 347 p. [In Russ.]
7. Rice growing system of the Russian Federation / edited by S.V. Garkusha. Krasnodar: Federal Scientific Centre of Rice; Prosveshchenie-Yug, 2022. 368 p. [In Russ.]
8. Khitrov N.B., Rogovneva L.V. Five-year change in soil salinity and grounds of rice systems in the Prikarkinitskaya Lowland after the cessation of irrigation // Soil Science. 2021. No. 1. P. 120-135. [In Russ.]
9. Buelvas-Jiménez M., González-Pedraza A. Five-year change in soil salinity and grounds of rice systems in the Prikarkinitskaya Lowland after the cessation of irrigation // Soil Science. 2021. No. 1. P. 120-135.
10. Magahud J.C., Badayos R.B., Sanchez P.B. Soil properties of major irrigated rice areas in the Philippines // Asia Life Sciences. 2016. Vol. 25, Iss. 1.
11. Sodikova G.S., Kodorov E.T. Effect of Rice Cultivation on Soil Agrochemical Properties in Meadow-Swamp Soils // J Biomed Res Environ Sci. 2023. Vol. 4 (12). P. 1669-1674.
12. Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N., Gutorova O.A. Guide to practical classes in experimental agrochemistry. Maikop: Poligraf-Yug, 2024. 800 p. [In Russ.]
13. Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N. Methodology of agrochemical studies and statistical evaluation of their results. Maikop: Poligraf-Yug, 2015. 664 p. [In Russ.]
14. Maie N., Watanabe A., Kimura M. Origin and properties of humus in the subsoil of irrigated rice paddies. I. Leaching of organic matter from plow layer soil and accumulation in subsoil // Soil Sci. and Plant Nutr. 1997. Vol. 43, No. 4. P. 901-910.
15. Drainage and leaching losses of nitrogen and dissolved organic carbon after introducing maize into a continuous paddy-rice crop rotation / Y.He et al. // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2017. Vol. 249. P. 91-100.
16. Medvedev V.V. Optimization of agrophysical properties of chernozems. M.: Agropromizdat, 1988. 159 p. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Шеуджен Асхад Хазретович, доктор биологических наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой агрохимии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубиллина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, д. 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5116-197X>, e-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru

Гуторова Оксана Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубиллина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; ведущий научный сотрудник кафедры землеустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет», 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0752-2488>, e-mail: oksana.gutorova@mail.ru

Ашинов Юнус Нухович, доктор биологических наук, заведующий кафедрой землеустройства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5309-5715>, e-mail: unus.n@mail.ru

Ashad Kh. Sheudzhen, Dr Sci. (Biology), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Agrochemistry, Kuban State Agrarian University named

after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5116-197X>, e-mail: ashad.sheudzhen@mail.ru

Oksana A. Gutorova, Dr Sci. (Agr.), Professor, Department of Agrochemistry, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St.; Leading Researcher, Department of Land Management, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0752-2488>, e-mail: oksana.gutorova@mail.ru

Yunus N. Ashinov - Dr Sci. (Biology), Head of the Department of Land Management, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, Pervomayskaya St., 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5309-5715>, e-mail: unus.n@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

Шеуджен Асхад Хазретович – обобщение, анализ и интерпретация данных, подготовка рукописи для подачи в редакцию.

Гуторова Оксана Александровна – проведение эксперимента, сбор данных, статистическая оценка данных.

Ашинов Юнус Нухович – проведение эксперимента.

Claimed contribution of the authors

All authors of the research were directly involved in the planning, execution, and analysis of the research.

Askhad Kh. Sheudzhen – data compilation, analysis, and interpretation, and manuscript preparation for submission.

Oksana A. Gutorova – experiment execution, data collection, and statistical evaluation.

Yunus N. Ashinov – experiment execution.

Поступила в редакцию 05.02.2026

Поступила после рецензирования 24.04.2026

Принята к публикации 27.04.2026

Received 05.02.2026

Revised 24.04.2026

Accepted 27.04.2026

This image shows a full page of blank, lined paper. It features approximately 20 evenly spaced horizontal black lines across its entire width, providing a guide for handwriting or typing. The background is a solid off-white color, and there are no margins, text, or other markings present.

Научное издание

Рецензируемый научный журнал «Новые технологии/New Technologies»

Том 22. №2. 2026

Издательство МГТУ

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

Бумага Чайка Бумага А. Печать цифровая.

Гарнитура Times. Усл. п.л. 17,5. Формат 60x84/8. Тираж 500 экз. Заказ 22/2.

Отпечатано с готового оригинал-макета

на участке оперативной полиграфии ИП Кучеренко В.О.

385008, г. Майкоп, ул. Пионерская, 403/33.

Тел. для справок 8-928-470-36-87.

E-mail: slv01@yandex.ru

