

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

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

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ /
NEW TECHNOLOGIES**

Том 21, № 4, 2025

MAYKOP STATE TECHNOLOGICAL UNIVERSITY

**NEW TECHNOLOGIES /
NOVYE TEHNOLOGII**

Vol. 21, No.4, 2025

История издания журнала:	Журнал издается с 2005 года
Наименование:	Новые технологии/New Technologies Том 21 № 4 2025
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:	30.12.2025
Тираж:	500 экз.
Стоимость одного выпуска:	Цена свободная

Journal publishing history:	The journal has been published since 2005
Title:	New technologies / Novye tehnologii Volume 21 No.4, 2025
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:	Maikop State Technological University 385000, Maikop, 191, Pervomayskaya str.
Editorial office:	Maikop State Technological University 385000, Maikop, 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:	30.12.2025
Circulation:	500 copies
The cost of one issue:	Free price

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

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

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

Редакционная коллегия:**Главный редактор:**

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

Заместитель главного редактора:

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

Научный редактор:

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

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

Ирина Анатольевна Бандурко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 Сиухов, доктор технических наук, профессор (ФГБОУ ВО «МГТУ», Майкоп, Российская Федерация)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Aims and Scope

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

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

Editorial board:

Chief Editor:

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

Deputy Chief Editor:

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

Scientific Editor:

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

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

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

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

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

Rimma S. 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 Center All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoit, Krasnodar, the Russian Federation)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Содержание

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Васюкова А.Т., Богонослова И.А., Мошкин А.В., Воропаев В.В. Влияние растительного сырья на функционально-технологические показатели овощных запеканок.....	12
Едыгова С.Н., Сергеева И.А., Беретарь С.Т. Разработка рецептуры и технологии пшеничного хлеба с добавлением пюре из шпината.....	21
Ефремова Е.Н., Петров Н.Ю., Захарова Е.А. Воздействие обогащающих добавок на показатели качества зернового экструдированного продукта.....	30
Иванова Е.А., Бородихин А.С., Першакова Т.В. Моделирование и разработка цифрового инструмента для автоматизации расчета органолептических показателей экстракта выжимок винограда в зависимости от температуры экстрагирования	40
Колотий Т.Б., Хатко З.Н., Мартышко Л.А., Белявцева Т.А. Разработка рецептуры овсяного киселя функционального назначения	52
Кузьмин С.В., Есаулова О.В., Скопин А.Ю., Балакаева А.В., Мощенская Н.В., Русаков В.Н. Влияние параметров ионизирующего излучения на эффективность дезинсекции и потребительские свойства продукции при облучении сухофруктов и орехов	61
Нзейимана Д., Бугаец Н.А., Руденко О.В. Оптимизация параметров замачивания кукурузы и сои для повышения эффективности проращивания.....	79
Новокшанова А.Л., Сидорова Ю.С., Билялова А.С., Петров Н.А., Бирюлина Н.А., Никитюк Д.Б. Специализированная пищевая продукция с иммуномодулирующими свойствами: рецептура базового компонента.....	89
Ражина Е.В., Смирнова Е.С., Хайрова И.М., Быкова О.А., Галушина П.С. Разработка рецептуры пельменей с добавлением козьего мяса, тапиоки и шафрана.....	101
Соболь И.В., Донченко Л.В., Красноселова Е.А., Варивода А.А., Савченко Е.С. Инновационные решения в производстве функциональных пищевых продуктов	111
Шилов В.В., Литвяк В.В., Журня А.А., Росляков Ю.Ф., Окулова Т.В. Разработка рецептур на основании исследования влияния режимов температурной обработки полуфабрикатов высокобелковых мучных изделий на гликемический индекс	121

Сельскохозяйственные науки

Магомадов М.А., Гаплаев М.Ш., Козырев А.Х. Чистая продуктивность фотосинтеза посевов сои и динамика её формирования в зависимости от применения гербицидов и удобрений.....	145
Макаренко А.А., Коковихин С.В. Фотосинтетическая деятельность и эффективность использования солнечной энергии гибридами кукурузы в условиях Краснодарского края	156
Мешлок И.А. Адаптация агротехнических элементов для возделывания сои сорта Славия	170

Нещадим Н.Н., Квашин А.А., Мамсиров Н.И., Коваль А.В., Сазоненко М.М. Урожайность сортов пшеницы озимой при различных приемах обработки почвы в условиях центральной зоны Краснодарского края	183
Полетаев И.С., Летучий А.В., Губов В.И., Хадыкин А.В. Теоретическое обоснование адаптации возделывания сельскохозяйственных культур к аридизации климата	194
Сатибалов А.В., Иванова З.А., Тхазеплова Ф.Х., Нагудова Л.Х., Дагужиева З.Ш. Подбор перспективных сортов груши для культивирования в условиях дефицита влаги в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики	206
Хусайнов Х.А., Тунтаев А.В., Елмурзаева Ф.Д. Интеграция биоресурсов в растениеводство: краткий обзор	219

Contents

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

- Vasyukova A.T., Bogonosova I.A., Moshkin A.V., Voropaev V.V.** The effect of plant-based raw materials on the functional and technological properties of vegetable casseroles.... 12
- Edygoва S.N., Sergeeva I.A., Beretar S.T.** Development of a recipe and technology for spinach puree wheat bread 21
- Efremova E.N., Petrov N.Yu., Zakharova E.A.** The effect of fortifying additives on the quality indicators of extruded grain products..... 30
- Ivanova E.A., Borodikhin A.S., Pershakova T.V.** Simulation and development of a digital tool for automating the calculation of organoleptic properties of grape pomace extract depending on the extraction temperature 40
- Kolotiy T.B., Khatko Z.N., Martynko L.A., Belyavtseva T.A.** Development of a functional oatmeal jelly formulation 52
- Kuzmin S.V., Esaulova O.V., Skopin A.Yu., Balakaeva A.V., Moschenskaya N.V., Rusakov V.N.** The effect of ionizing radiation on the efficiency of disinfection and consumer properties of dried fruits and nuts on irradiation..... 61
- Nzeyimana D., Bugaets N.A., Rudenko O.V.** Optimization of corn and soybean soaking parameters to improve germination efficiency 79
- Novokshanova A.L., Sidorova Yu.S., Bilyalova A.S., Petrov N.A., Biryulina N.A., Nikityuk D.B.** Specialized food products with immunomodulatory properties: basic component formulation 89
- Razhina E.V., Smirnova E.S., Khayrova I.M., Bykova O.A., Galushina P.S.** Developing a recipe for dumplings with goat meat, tapioca and saffron 101
- Sobol I.V., Donchenko L.V., Krasnoselova E.A., Varivoda A.A., Savchenko E.S.** Innovative solutions in functional foods production..... 111
- Shilov V.V., Litvyak V.V., Zhurnya A.A., Roslyakov Yu.F., Okulova T.V.** Formulation development on the basis of the effect of temperature treatment of semi-finished high-protein flour products on the glycemic index..... 121

Agricultural sciences

- Magomadov M.A., Gaplaev M.Sh., Kozyrev A.Kh.** Net soybean crops photosynthesis productivity and its dynamics depending on the application of herbicides and fertilizers 145
- Makarenko A.A., Kokovikhin S.V.** Photosynthetic activity and efficiency of solar energy utilization by corn hybrids in the Krasnodar Territory 156
- Meshlok I.A.** Adaptation of agrotechnical practices for Slavia soybean variety cultivation.. 170
- Neshchadim N.N., Kvashin A.A., Mamsirov N.I., Koval A.V., Sazonenko M.M.** Yield of winter wheat varieties under different soil tillage practices in the Central zone of the Krasnodar Territory..... 183

Poletaev I.S., Letuchiy A.V., Gubov V.I., Khadykin A.V. Theoretical justification for adapting crop cultivation to climate aridization.....	194
Satibalov A.V., Ivanova Z.A., Thazeplova F.Kh., Nagudova L.Kh., Daguzhieva Z.Sh. Selection of promising pear varieties for cultivation in the conditions of moisture deficiency of the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic.....	206
Husainov H.A., Tuntayev A.V., Elmurzaeva F.D. Integration of bioresources into crop production: a brief review	219

Пищевые системы и биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ

Food systems and biotechnology of food and bioactive substances

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-12-20>

УДК 664.84.035:641.5



Влияние растительного сырья на функционально-технологические показатели овощных запеканок

А.Т. Васюкова✉¹, И.А. Богоносова¹, А.В. Мошкин², В.В. Воропаев¹

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

²Общество с ограниченной ответственностью «СторХан»;
г. Одинцово, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Применение малоиспользуемого растительного сырья в производстве овощной продукции позволяет скорректировать её реологические характеристики и обогатить минеральными нутриентами. **Целью** работы является оценка влияния свойств растительного сырья на функционально-технологические характеристики овощных запеканок на всех стадиях технологического цикла. В процессе исследований выявлены зависимости реологических свойств овощей и фруктов, раскрыт синергизм их действия. **Объект и методы исследования.** Для проведения испытаний определяли комплексный показатель – критерий химического состава (влажности, кислотности, содержания сахаров, витаминов), применяя потенциометрический метод с помощью прибора Эксперт-001-ЗрН для определения кислотности, содержание сахаров исследовали рефрактометрическим методом. Определение влагосодержания в овощах и фруктах проводили по ГОСТ 28561-90. Объекты: обогащенные овощные запеканки. **Результаты и обсуждение.** С увеличением температуры происходит формирование структуры запеканки, наблюдается снижение влагосодержания дифференцированно виду входящего в рецептуру сырья. Выявлена прямо пропорциональная зависимость снижения критерия химического состава, влажности и показателей напряжения сдвига готового продукта от вида запеканки. Отмечены максимальные потери влаги и в целом критерия химического состава как контрольного, так и опытного образцов, причем максимальные отклонения выявлены у овощной запеканки. Однако активность воды во всех образцах изменяется незначительно, что характеризует плавное нарастание температуры в обрабатываемых овощных массах. Установлено, что во всех образцах с увеличением температуры снижается статистическое предельное напряжение сдвига с 1963 Па до 1606 Па, а динамическое предельное напряжение сдвига с 2365 Па до 1892 Па. Для наглядности экспериментов представлены сравнительные характеристики основных пищевых веществ овощефруктовых добавок для формирования реологических характеристик обогащенной запеканки. **Заключение.** Полученные экспериментальные данные и зависимости будут полезны при подборе сырья для промышленного изготовления обогащенных пищевых систем на основе овощных структур. Выявленные функционально-технологические показатели овощных запеканок обеспечивают качество инновационного продукта.

Ключевые слова: полуфабрикаты, обогащение овощной продукции, овощефруктовые добавки

Для цитирования: Васюкова А.Т., Богоносова И.А., Мошкин А.В., Воропаев В.В. Влияние растительного сырья на функционально-технологические показатели овощных запеканок. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 12-20. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-12-20>

The effect of plant-based raw materials on the functional and technological properties of vegetable casseroles

A.T. Vasyukova✉¹, I.A. Bogonosova¹, A.V. Moshkin², V.V. Voropaev¹

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

² StorKhan Ltd;
Odintsovo, the Russian Federation

Abstract. Introduction. The use of rarely used plant materials in vegetable products allows to adjust the rheological characteristics and enrich them with minor nutrients. **The goal of the research** is to evaluate the influence of the properties of plant materials on the functional and technological characteristics of vegetable casseroles at all stages of the technological cycle. In the course of the research, the dependencies of the rheological properties of vegetables and fruits have been revealed, the synergism of their action has been revealed. **The object and methods of the research.** Using the potentiometric method with the Expert-001-3pH device for determining acidity a complex indicator was determined, that served as a criterion of chemical composition (moisture, acidity, sugar content, vitamins); the sugar content was studied by the refractometric method. Moisture content in vegetables and fruits was determined according to GOST 28561-90. The objects of the research were enriched vegetable casseroles. **The results and discussion.** With an increase in temperature, the casserole structure was formed, a decrease in moisture content was observed differentially depending on the type of raw materials included in the recipe. A directly proportional relationship was found between the reduction in chemical composition, moisture content, and shear stress of the finished product and the type of casserole. Maximum moisture loss and overall chemical composition were observed for both the control and experimental samples, with the largest deviations observed in the vegetable casserole. However, the activity of the species in all samples changed only slightly, reflecting a gradual increase in temperature in the processed vegetable masses. It was found that, in all samples, with increasing temperature, the static ultimate shear stress decreased from 1963 Pa to 1606 Pa, and the dynamic ultimate shear stress from 2365 Pa to 1892 Pa. To illustrate the experiments, comparative characteristics of the main nutrients in the fruit and vegetable additives used to determine the rheological properties of the enriched casserole have been presented. **Conclusion.** The obtained experimental data and relationships will be useful in selecting raw materials for the industrial production of enriched food systems based on vegetable structures. The identified functional and technological properties of the vegetable casseroles ensure the quality of the innovative product.

Keywords: semi-finished products, vegetable fortification, fruit and vegetable additives

For citation: Vasyukova A.T., Bogonosova I.A., Moshkin A.V., Voropaev V.V. The effect of plant-based raw materials on the functional and technological properties of vegetable casseroles. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 12-20. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-12-20>

Введение. В последние годы наблюдается тенденция потребления здоровой пищи. Альтернативой могут быть различные овощные блюда, обогащенные белково-минеральным комплексом. Использование нетради-

ционных для блюд из овощей компонентов позволяет не только разнообразить существующий ассортимент, но и обогатить их компонентами с высокими антиоксидантными свойствами, скорректировать вкусо-

вую гамму и функционально-технологические свойства [1]. Овощное сырье отличается высокой обводненностью, низкой калорийностью и малой концентрацией белковых веществ. Для создания сбалансированного состава технологи в рецептуру добавляют крупы и бобовые в пюреобразном состоянии, водоросли, морепродукты, сухое обезжиренное молоко, яично-молочную смесь. Введение дополнительных ингредиентов растительного происхождения с использованием соответствующих технологий позволяет обеспечить схожую текстуру и вкус как овощным блюдам, так и различным аналогам (мясным, рыбным, десертам) [2].

Другим направлением, более экономичным и бюджетным, является добавление в овощные массы концентрированных белковых смесей, таких как «Дисо», «Нутринор», «Нутримук», «Нутрифиб» и другие [3].

Применяемые в мире инновационные технологии в области пищевой промышленности сосредоточены на развитии экструзии растительного сырья. [4-6]. Исходное сырье в процессе технологических преобразований подвергается деструкции с образованием не только новой структуры, но и вкусо-ароматических показателей, иногда не соответствующих входящему в пищевую систему сырью [7-10].

В дальнейшем эти исследования могут быть полезны при подборе сырья для изготовления обогащенных пищевых систем на основе овощных структур.

Наряду с экструзионными технологиями совершенствуются и традиционные, позволяющие использовать натуральные растительные компоненты, их измельчение, приготовление крупно измельченной овощной массы вместе с остальными компонентами рецептуры (круп, яичных продуктов, специй), формование, тепловая обработка, порционирование. Эти технологии успешно развиваются за счет включения дополнительного сырья (соусов, творога, сухих функциональных смесей, водорослей и пр.) [3, 10-12].

Таким образом, на основе литературных данных полученные критерии функционально-технологических свойств исходного растительного сырья, белковых добавок могут помочь определить основные показатели, характеризующие качество продукта и рассчитать наиболее рациональное соотношение массовых долей компонентов, выявить синергизм взаимного влияния нутриентов при изготовлении комбинированных углеводно-белковых структур. Для этого необходимо систематизировать аргументы в пользу использования сухих белковых композитных смесей (СБКС) в модельные овощные фаршевые системы взамен части овощного сырья, что позволяет повысить влагосвязывающую и водоудерживающую способности фарша, т.е. улучшить технологические свойства фаршевых систем, а также увеличить выход готового продукта, выявить разнообразие альтернатив этим продуктам на рынке, включая связанные с ними технологические процессы, и спрогнозировать проблемы, с которыми может столкнуться пищевая промышленность в ближайшем будущем [7, 11].

Цель проведения исследований – оценка влияния свойств растительного сырья на функционально-технологические характеристики овощных запеканок на всех стадиях технологического цикла.

Объекты и методы исследования. Материалы. Для описания процессов влияния растительного сырья в совокупности с СБКС на функционально-технологические показатели овощных запеканок используются физические и химические модели, определяющие взаимное влияние составных компонентов рецептуры на модельный фарш и индивидуальные характеристики каждой из разрабатываемых запеканок. Объекты данной работы, в которых на основе математического моделирования пищевой ценности контрольного образца (рецептура № 386 [12]) часть овощного сырья заменено на овощефруктовые компоненты.

В предлагаемых для использования в запеканки овощах и фруктах (баклажанах, кабачках, тыквах, яблоках) максимально содержится фолиевая (2-14 мкг), пантотеновая (0,07-0,4 мг) и аскорбиновая кислота – 5-32 мг, а также яблочная, лимонная, хлорогеновая, урсоловая; каротиноиды (β -каротин – 0,03-150 мг), соли калия (204-278 мг), кальция (15-25 мг), фосфора (11-25 мг), железа (0,4-2,2 мг), меди (46-180 мкг), цинка (0,15-0,25 мг) и др. [13].

Введение яблок в рецептуру позволит обогатить овощную запеканку, состоящую из капусты, моркови и лука, углеводами от 2,01 до 5,51%, пищевыми волокнами на 0,5-1,1%, органическими кислотами на 0,52-0,62%, калием на 44-103 мг/100 г сырья, железом на 1,33-1,63 мг/100 г, β -каротином на 29,01-29,08 мг/100 г, аскорбиновой кислотой на 1-6 мг.

Введение тыквы в рецептуру овощной запеканки даст возможность повысить β -каротин на 149,08-149,99 мг/100 г, а также витамин В₁, В₂, незначительно увеличится концентрация пищевых волокон и крахмала.

Добавление в рецептуру овощной запеканки кабачков повлияет на влажность, а баклажан – на содержание клетчатки, органических кислот, К, Са, β -каротина, витаминов В₁, В₂, РР.

Калорийность предлагаемого сырья (яблоков, кабачков, тыквы и баклажанов) низкая (ккал/100 г продукта от 25 до 50 ккал) [12], поэтому повышения ее калорийности можно осуществлять за счет белковых смесей.

Максимальное содержание сухих веществ и углеводов в яблоках и баклажанах (рис. 1 и 2).

Для выявления критериев зависимости качественных показателей основных пищевых веществ от многокомпонентности овощного состава исследуемых запеканок выполнено сравнение с одним из видов рекомендованных овощей (баклажанами) и определена сравнительная эффективность рекомендованных овоще-плодовых (овощефруктовых) композиций. Анализ графического

материала позволяет установить полиномиальную зависимость между основными пищевыми веществами традиционных и рекомендованных овощей при максимальной величине достоверности аппроксимации $R^2 = 1$.

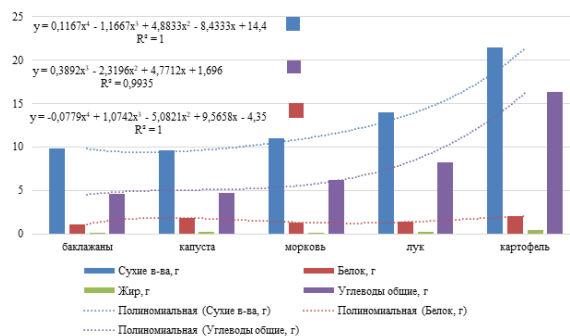


Рис. 1. Сравнительная характеристика основных пищевых веществ овощей обогатщенной запеканки

Fig. 1. Comparative characteristics of the main nutrients in enriched vegetable casserole

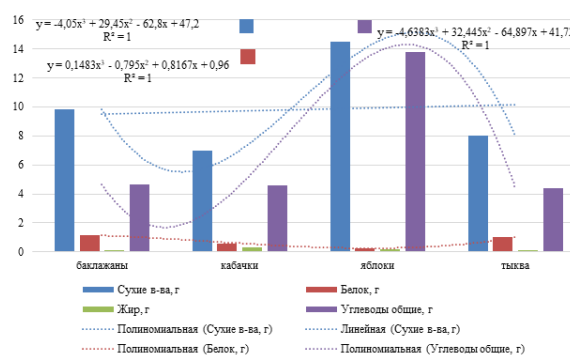


Рис. 2. Сравнительная характеристика основных пищевых веществ овощефруктовых добавок обогатщенной запеканки

Fig. 2. Comparative characteristics of the main nutritional substances of fruit and vegetable additives in enriched casserole

Поэтому для новых обогатщенных запеканок рекомендованы указанные овощи (яблоки, кабачки, тыква и баклажаны), что позволит увеличить содержание минеральных веществ, витаминов и органических кислот.

При проведении исследований использованы современные и общеизвестные методы определения качества сырья и полуфабрикатов, готовых кулинарных изделий на всех стадиях технологического процесса.

Органолептическую оценку проводили на основе сенсорных критериев качества [14], активность воды – манометрическим методом; криоскопическую точку в исследуемых образцах – термогигрометром цифровым RGK TH-10

Экспериментальная часть работы включает проведение обработки растительного сырья в соответствии с рецептурой. Объектами являлись образцы полуфабрикатов, содержащие кроме основного альтернативное сырье – баклажаны, кабачки, тыква, яблоки.

Результаты исследований. Функционально-технологические свойства овощных масс формировались на основе сочетаемости растительных компонентов в рецептуре по органолептическим, структурно-механическим показателям и пищевой ценности. Критериями, объединяющими все используемые овощные компоненты исследуемой пищевой системы, были определены органические кислоты, находящиеся в сырье и активизированы в процессе кулинарной обработки при протекании окислительно-восстановительных реакций, стимулированных повышением температуры и интенсивностью процесса [15]. Так, бензойная кислота содержится в кабачках и яблоках. Это одно из биоактивных веществ, которое было обнаружено в образцах тыквы разных видов. Поэтому особое внимание обращено на наличие в дополнительном сырье именно этой кислоты, так как она обладает антисептическим действием. Кроме того, органические кислоты (лимонная, фитиновая, щавелевая и др.), содержащиеся в клеточном соке овощей, являющихся основой овощных запеканок (капустной, овощной, морковной, картофельной) способствуют размягчению паренхимной ткани при тепловой обработке. Это связано с тем, что кислоты выступают в роли осадителей ионов кальция (магния), которые участвуют в ионообменных реакциях, приводящих к разрушению протопектина – нерастворимого в воде соединения, входящего в состав клеточных стенок растительной ткани [10].

Учитывая определенные в процессе моделирования рецептуры запеканок критерии для получения овощных масс, были достигнуты искомые структурно-механические свойства, являющиеся основой функционально-технологических характеристик овощных запеканок. В рецептуру для повышения белковой полноценности пищи вводилась СБКС «Нутринор». Кроме того, использование мелкодисперсного белкового обогатителя в концентрации 18% в пюреобразной или крупноизмельченной овощной массе приводит к уплотнению структуры, формированию белково-углеводного комплекса, являющегося остовом (каркасом) пищевой системы, удерживающей молекулы воды, тем самым, обеспечивая сочность структуры (табл. 1).

Таблица 1. Функционально-технологические показатели овощных запеканок

Table 1. Functional and technological indicators of vegetable casseroles

Наименование образцов	Влагоудержание, кг/кг	Критерий химического состава	Статистическое предельное напряжение сдвига, Па	Динамическое предельное напряжение сдвига, Па	Активность воды	Криоскопическая точка, °С
Контроль						
Овощная	3,86	7,53	1963	2365	0,9841	-2,0
Капустная	2,04	1,15	1580	1886	0,9894	-1,4
Морковная	3,09	4,07	1758	2105	0,9763	-2,9
Картофельная	3,62	4,07	1758	2105	0,9875	-1,61
Разработка						
Овощная	1,97	3,47	1721	2060	0,9774	-2,78
Капустная	1,52	1,42	1595	1907	0,9815	-2,29
Морковная	1,11	1,23	1584	1892	0,9687	-3,83
Картофельная	1,23	1,59	1606	1919	0,9815	-2,79

Установлено, введение СБКС в овощные пищевые системы позволило связать свободную влагу, зафиксировать структуру готового продукта, начиная со стадии полуфабриката, что дало возможность производить данную овощную продукцию индустриальным способом. Вязкопластические свойства фаршевой смеси формировались за счет пектиновых веществ и оклейстеризованного крахмала основного сырья в совокупности с структурирующими свой-

ствами белка СБКС. Наиболее выраженные результаты получены у образцов морковной и картофельной запеканки [16].

В исследовании моделировали различные варианты термических условий насыщения влагой и белком из альтернативного сырья овощных систем при доведении их до готовности. Показатели фиксировали в диапазоне рассматриваемых температур, позволяющих стабилизировать каркас запеканки как внешне, так и в толще объема продукта.

Отработаны температурные режимы в интервале температур 85-95 °С, которые могут быть рекомендованы для основного варианта диеты (ОВД), без глубоких физико-химических изменений. Однако, придерживаясь мнения потребителей, проведен ряд исследований с более жесткими температурными параметрами: 120-150°С, но менее продолжительное время – от 10 до 12 мин. Такая термическая обработка позволит получить на поверхности румяную запеченную корочку и привлекательный внешний вид. Такое изделие можно рекомендовать для более широкого круга потребителей, в том числе детей школьного возраста.

Исследования по выявлению оптимальных соотношений компонентов рецептуры и связанных с ними основных свойств

пищевой системы находятся в поле интересов ученых и технологов. Эти зависимости для различных вариантов ингредиентов с использованием нетрадиционного растительного сырья получены Лукиной А.Л. (2005), Риго Я. (1982), Гуляевой А.Н., Бахаревым В.В. (2022), Славгородским С.В., Гвоздевой Н. В. (2003), Лукиной А. и Котовой В.В. (2003), Chiara R., Eline V.W. (2021), Vasyukova A.T., Vasyukov M.V., (2017), Васюковой А.Т., Мошкиным А.В. и Богоносолой И.А. (2023), а также другими авторами [4, 5, 7, 16].

Сенсорные характеристики четырех запеканок отмечены высокими баллами. Изделия получились сочными, привлекательного внешнего вида, соответствующие запросу потребителей [3, 7, 10, 15, 17].

Выводы. Результаты исследований будут являться научной базой для промышленного изготовления обогащенных пищевых систем на основе овощных структур. Выявленные функционально-технологические показатели овощных запеканок позволяют установить, что добавление СБКС «Нутринор» способствует уплотнению запеканок и снижению влажности. Анализ проведенных исследований позволил обозначить область применения: сырьё находится в диапазоне концентрированных фруктово-овощных соков.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бессонов С.М. Изменение свойств растительной пищи под влиянием тепловой обработки: автореф. дис. ... на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Донецк, 1971. 20 с.
2. ГОСТ 28561-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги».
3. Богонослова 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>.

4. Гуляева А.Н., Бахарев В.В. Анализ изобретений, продуктов, технологий и оборудования процесса экструзии растительного сырья // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. Т. 84, № 2. С. 39-45. doi:10.20914/2310-1202-2022-2-39-45_pp.
5. Chiara R., Eline V.W., Muriel H., Yamina D.B. et al. Extrusion-cooking affects oat bran physico-chemical and nutrition-related properties and increases its p-glucan extractability // Journal of Cereal Science. 2021. doi: 10.1016/j.jcs.2021.103360.
6. Bordoloi R., Ganguly S. Extrusion technique in food processing and a review on its various technological parameters // Indian Journal of Scientific Research and Technology. 2014. Vol. 2, No. 1. P. 1-3.
7. 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.
8. Grasso S. Extruded snacks from industrial by-products: A review // Trends in Food Science & Technology. 2020. Vol. 99. P. 284-294. doi: 10.1016/j.tifs.2020.03.012.
9. Agarwal S., Chauhan E.S. Extrusion processing: The effect on nutrients and based products // The Pharma Innovation Journal. 2019. Vol. 8, No. 4. P. 464-470.
10. Васюкова А.Т., Мошкин А.В., Богоносова 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>.
11. Продукты с растительными добавками для здорового питания / Васюкова А.Т. [и др.] // Пищевая промышленность. 2019. № 12. С. 72-75.
12. Сборник рецептур и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1982. 720 с.
13. Скурихин И.М., Волгарева М.Н. Химический состав пищевых продуктов. М.: RUGRAM, 2022. 360 с.
14. 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.
15. Савина О.В. Биохимия растений: учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Юрайт, 2025. 227 с.
16. Огнева О.А. Разработка технологий фруктово-овощных продуктов с бифидогенными свойствами: автореф. дис. ... на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Краснодар, 2015. 23 с.
17. Обоснование выбора растительного сырья и форм его переработки для обогащения пищевых продуктов / Пушмина В.В. [и др.] // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2017. С. 1-13.

REFERENCES

1. Bessonov, S.M. Changes in the properties of plant foods under the influence of heat treatment: abstract of ... dissertation for the degree of PhD (Eng.). Donetsk, 1971, 20 p. [In Russ.]
2. GOST 28561-90 "Processed fruit and vegetable products. Methods for determining dry matter or moisture content". [In Russ.]
3. Bogonosova, I.A., Vasyukova, A.T. Development of vegetable products with preventive purposes enriched with protein fortifiers // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. 2019. Vol. 81. Issue 2. P. 223-229. DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2019-2-223-229>. [In Russ.]
4. Gulyaeva, A.N., Bakharev, V.V. Analysis of inventions, products, technologies, and equipment for the extrusion process of plant raw materials // Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies. 2022. Vol. 84, Issue 2. P. 39-45. doi: 10.20914/2310-1202-2022-2-39-45_pp. [In Russ.]
5. Chiara R., Eline V.W., Muriel H., Yamina D.B. et al. Extrusion-cooking affects oat bran physico-chemical and nutrition-related properties and increases its p-glucan extractability // Journal of Cereal Science. 2021. doi: 10.1016/j.jcs.2021.103360.
6. Bordoloi R., Ganguly S. Extrusion technique in food processing and a review on its various technological parameters // Indian Journal of Scientific Research and Technology. 2014. Vol. 2, Issue 1. P. 1-3.
7. 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, Issue 8. P. 15. [In Russ.]

8. Grasso S. Extruded snacks from industrial by-products: A review // Trends in Food Science & Technology. 2020. Vol. 99. P. 284-294. doi: 10.1016/j.tifs.2020.03.012.
9. Agarwal S., Chauhan E.S. Extrusion processing: The effect on nutrients and based products // The Pharma Innovation Journal. 2019. Vol. 8, No. 4. P. 464-470.
10. Vasyukova, A.T., Moshkin, A.V., Bogonosova, H.A. Formation of flavor compositions of vegetable casseroles using carbohydrate-fat fillers // Novye tehnologii/ New Technologies 2023. Vol. 19, No. 4. P. 48-55. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-4-48-55>. [In Russ]
11. Products with herbal additives for healthy nutrition / Vasyukova A.T. [et al.] // Food industry. 2019. Issue 12. P. 72-75. [In Russ]
12. Collection of recipes and culinary products for catering establishments. Moscow: Economica, 1982. 720 p. [In Russ]
13. Skurikhin, I.M., Volgareva, M.N. Chemical composition of food products. Moscow: RUGRAM, 2022. 360 p. [In Russ]
14. 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]
15. Savina, O.V. Plant biochemistry: textbook for universities. 2nd ed., rev. and add. Moscow: Yurait, 2025. 227 p. [In Russ]
16. Ogneva, O.A. Development of technologies for fruit and vegetable products with bifidogenic properties: abstract of a PhD (Eng.) thesis. Krasnodar, 2015. 23 p. [In Russ]
17. Justification for the selection of plant materials and forms of their processing for food enrichment / Pushmina V.V. [et al.] // Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management. 2017. P. 1-13.

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»; 143900, Российская Федерация, г. Балашиха, ул. шоссе Энтузиастов, д. 50, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

Мошкин Александр Владимирович, кандидат технических наук, технолог, Общество с ограниченной ответственностью «СторХан»; 143002, Российская Федерация, г. Одинцово, с. Акулово, ул. Новая, д. 120, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>, e-mail: aldahaev@gmail.com

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»; 143900, Российская Федерация, г. Балашиха, ул. шоссе Энтузиастов, д. 50, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1250-0358>, e-mail: bogonosovaia@mgutm.ru

Воропаев Владимир Владимирович, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского»; 143900, Российская Федерация, г. Балашиха, ул. шоссе Энтузиастов, д. 50, e-mail: vladimirvv30@mail.ru

Anna T. Vasyukova, Dr Sci. (Eng.), Professor, Russian State University of National Economy named after V.I. Vernadsky; 143900, the Russian Federation, Balashikha, 50 Enthusiasts' Highway, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7374-4145>, e-mail: vasyukova-at@yandex.ru

Alexander V. Moshkin, PhD (Eng.), Technologist, «StorKhan» Ltd; 143002, the Russian Federation, Odintsovo, Akulovo village, 120 Novaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>, e-mail: aldahaev@gmail.com

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

Vladimir V. Voropaev, Postgraduate student, V.I. Vernadsky Russian State University of National Economy; 143900, the Russian Federation, Balashikha, 50 Enthusiasts' Highway, e-mail: vladimirvv30@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Васюкова Анна Тимофеевна – разработка методики исследования, валидация данных.

Богоносова Ирина Александровна – проведение эксперимента.

Мошкин Александр Владимирович – подбор литературных источников.

Воропаев Владимир Владимирович – оформление статьи по требованиям журнала.

Claimed contribution of the authors

Anna T. Vasyukova – research methodology development, data validation.

Irina A. Bogonosova – experiment execution.

Aleksandr V. Moshkin – literature review.

Vladimir V. Voropaev – article formatting according to the requirements of the Journal.

Поступила в редакцию 15.10.2025

Поступила после рецензирования 24.11.2025

Принята к публикации 27.11.2025

Received 15.10.2025

Revised 24.11.2025

Accepted 27.11.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-21-29>
УДК 664.661:635.41:641.51



Разработка рецептуры и технологии пшеничного хлеба с добавлением пюре из шпината

С.Н. Едыгова✉, И.А. Сергеева, С.Т. Беретарь

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

Введение. Рассмотрена возможность применения пюре из шпината в технологии производства пшеничного хлеба из муки 1 сорта разными способами. **Цель работы.** Исследование возможного использования в качестве обогащающей добавки к пшеничному хлебу пюре из шпината. **Объекты и методы исследования.** Для определения качества ингредиентов, полуфабрикатов и готовых продуктов применяли современные методы анализа, которые позволили выявить пищевую и биологическую ценность, а также физико-химические и органолептические характеристики исследуемых образцов. Выпечка осуществлялась на базе ФГБОУ ВО «МГТУ» в лаборатории кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания факультета аграрных технологий. **Результаты и обсуждение.** Разработана рецептура и технология пшеничного хлеба из муки 1 сорта с добавлением пюре из шпината в соотношении 50:50 к количеству используемой воды для изготовления хлеба. Тесто готовили безопарным, опарным способами и безопарным способом с использованием ржаной закваски. Свежий шпинат вводили в рецептуру как овощную добавку в виде пюре, разведенного с водой в необходимом соотношении. По результатам физико-химических показателей пористость полученных образцов хлеба превосходила контрольный образец хлеба. Пористость образцов варьирует в пределах 68...74,5%. Добавление 50% пюре из шпината значительно увеличило количество белка в готовом продукте и повышает его пищевую ценность. **Заключение.** В ходе исследования выявлено положительное воздействие пюре из шпината на технологические свойства теста, активность закваски и качество готового хлеба. Включение пюре из шпината в процесс замеса способствовало ускорению подъема теста и улучшению его технологических параметров. Хлеб, обогащенный пюре из шпината, рекомендован для улучшения органолептических характеристик и повышения его пищевой ценности.

Ключевые слова: шпинат, пюре из шпината, рецептура, технология, хлеб пшеничный, опарный и безопарный способ, закваска, показатели качества

Для цитирования: Едыгова С.Н., Сергеева И.А., Беретарь С.Т. Разработка рецептуры и технологии пшеничного хлеба с добавлением пюре из шпината. *Новые технологии / New technologies.* 2025; 21(4): 21-29. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-21-29>

Development of a recipe and technology for spinach puree wheat bread

S.N. Edygova✉, I.A. Sergeeva, S.T. Beretar

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

Introduction. The possibility of using spinach puree in the production of wheat bread from first-grade flour using various methods is discussed. The goal of the research is to study the potential use of spinach puree as a fortifying additive to wheat bread. **The objectives and methods.** To determine the quality of ingredients, semi-finished products, and finished goods, modern analytical methods were used to identify the nutritional and biological value, as well as the physicochemical and organoleptic characteristics of the samples. Baking was carried out at the Maykop State Technological University (MSTU) in the laboratory of the Department of Food Technology and Catering Organization, Faculty of Agricultural Technologies. **The results and discussion.** A recipe and technology for producing wheat bread using first-grade flour with the addition of spinach puree in a 50:50 ratio to the amount of water used for bread making were developed. The dough was prepared using straight-dough, sponge-based, and straight-dough methods using rye sourdough. Fresh spinach was added to the recipe as a vegetable additive in the form of puree diluted with water in the required ratio. According to the physicochemical parameters, the porosity of the resulting bread samples exceeded that of the control bread sample. The porosity of the samples varied between 68 and 74.5%. The addition of 50% spinach puree significantly increased the protein content of the finished product and enhanced its nutritional value. **Conclusion.** The research has revealed a positive effect of spinach puree on the technological properties of dough, sourdough activity, and the quality of the finished bread. Including spinach puree in the kneading process has accelerated dough rise and has improved its technological parameters. Bread enriched with spinach puree is recommended for improving organoleptic characteristics and enhancing its nutritional value.

Keywords: spinach, spinach puree, recipe, technology, wheat bread, sourdough and straight-dough methods, sourdough, quality indicators

For citation: Edygova S.N., Sergeeva I.A., Beretar S.T. Development of a recipe and technology for spinach puree wheat bread. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 21-29. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-21-29>

Введение. За последнее десятилетие современное общество сосредотачивается на вопросах здорового питания, что приводит к росту интереса к функциональным продуктам, способным компенсировать недостаток питательных веществ и оказывать положительное влияние на организм. Необходимо стремиться к оптимизации химического состава и энергетической ценности хлебобулочных изделий [1,2, 9].

Ассортимент хлебобулочных изделий функционального назначения на российском рынке в основном представлен продуктами йодированными, обогащенными пищевыми волокнами и витаминами. Кроме этого выявлено, что сегмент хлеба функционального назначения крайне узок, и его ассортимент не всегда удовлетворяет растущим потребностям населения в питательных веществах для поддержания здорового образа жизни [4, 10, 12].

Пищевые добавки применяют в основном для улучшения характеристики продук-

тов или компенсации потери питательных веществ. Нутриенты, в частности, витамины и микроэлементы, могут либо полностью отсутствовать в продуктах питания, либо существенно разрушаться в ходе технологических процессов. В хлебопекарной отрасли необходима разработка и внедрение новых видов продукции, соответствующей современным требованиям. Разработка сортов хлеба функционального назначения очень важна при решении вопросов профилактического питания [1, 13, 14].

Для улучшения качества и пищевой ценности хлеба и хлебобулочных изделий активно применяются нетрадиционные добавки. Несмотря на широкое использование растительных ингредиентов (семян, сухофруктов, отрубей, хлопьев и специй) в хлебопечении, потенциал фруктово-овощных добавок остается малоизученным. Включение их в рецептуру открывает возможности для создания разнообразных, вкусных и полезных хлебобулочных изделий, тем самым

расширяя предложение на рынке и привлекая новые категории потребителей. Применение овощных паст, пюре, соков и готовых начинок с высоким содержанием овощей позволяют хлебобулочным изделиям дольше сохранить свежесть за счет влажности самих овощей, увеличивая ощущения мягкости и свежести в течение срока годности [10, 11].

Шпинат содержит белка больше, чем фасоль и горошек, а бета-каротина больше, чем морковь. Витамины А и С, содержащиеся в шпинате, устойчивы к термической обработке. Шпинат также богат витаминами В, Е, Н, К, РР, макро- и микроэлементами и другими веществами [15].

Цель работы – исследование возможного использования в качестве обогащающей добавки к пшеничному хлебу пюре из шпината.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) обоснование применения пюре из шпината при производстве пшеничного хлеба;
- 2) изучение химического состава и биологической ценности шпината;
- 3) подготовка ржаной закваски;
- 4) исследование влияния пюре из шпината на свойства пшеничного теста в зависимости от способа его приготовления;
- 5) исследование органолептических и физико-химических показателей качества хлеба.

Приготовление теста является ключевым этапом в процессе производства хлеба. Для эксперимента были рассмотрены два ранних сорта шпината с крупными, слабопузырчатыми, широкими и овальными листьями от светло-зеленого до зеленого цвета – Исполинский и Жирнолистный [15].

Свежий шпинат вводили в рецептуру как овощную добавку в виде пюре, приготовленного путем смешивания измельченного шпината с водой нагреванием при температуре 100...115⁰С в течение нескольких минут с последующим измельчением погружным блендером и охлажде-

нием. Полученное пюре смешивали с водой в необходимом соотношении и использовали для приготовления теста [3, 7].

В сортах шпината определили массовую долю сухих веществ и активную кислотность. Результаты представлены на рисунке 1.

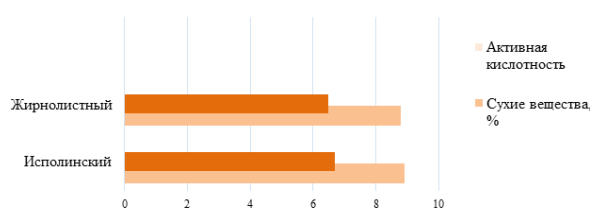


Рис.1. Показатели качества используемых сортов шпината

Fig. 1. Quality indicators of the spinach varieties

Как следует из данных рисунка 1, показатели по содержанию сухих веществ и активной кислотности практически одинаковы в обоих сортах. Поэтому для получения пюре использовали оба сорта шпината.

В качестве контрольного образца использовали хлеб из пшеничной муки первого сорта ГОСТ Р 58233-2018 «Хлеб из пшеничной муки. Технические условия» [2, 5].

Тесто готовили безопарным, опарным способами и безопарным на ржаной закваске. Безопарный метод предусматривает одноэтапное приготовление теста. Для приготовления дрожжевой суспензии разводили сухие дрожжи с небольшим количеством сахара и воды. Далее вносили воду и необходимое количество пюре из шпината, предусмотренное рецептурой, соль Валетек, растительное масло, вымешивали полуфабрикаты не менее 6 минут в планетарном миксере [6, 7].

Брожение теста осуществляли при температуре 38⁰С в течение 45 минут. После замеса тесто разделили на порции, уложили в смазанные формы и оставили на расстойку на 35 мин. Выпечка осуществлялась при 180⁰С, выдерживая внутреннюю температуру мякиша в диапазоне 97...97,5⁰С в течение 40 мин. Готовый хлеб остывал в течение 2 часов при температуре воздуха 25...26⁰С [6, 7].

Опарный способ приготовления хлеба с добавлением пюре из шпината более продолжителен, трудоемок по сравнению с безопарным способом. Более продолжительный технологический процесс опарного способа позволяет достичь хорошей активации дрожжей и лучшему сбраживанию пшеничной муки. При опарном способе легче предупредить дефекты хлеба [3, 4].

Опару готовили из дрожжей, части воды, пюре шпината и 45% пшеничной муки. Температура опары 25...26°C. Тщательно смешав все компоненты, опару оставляли для брожения на 45 минут. В выброженную опару вносили соль, растительное масло, воду и оставшееся количество пшеничной муки. Тесто подвергали интенсивному и продолжительному замесу, поскольку в нем тогда больше удерживается влаги. Тесто оставляли для брожения еще на 40 мин. Готовое тесто делили на куски округляли и укладывали в смазанные маслом формы, растаивали в течение 40 мин при температуре 30...35°C. Выпекали при температуре 180 °C в течении 50 мин с контролем температуры внутри мякиша (97...97,5°C). Далее вынимали готовое изделие на деревянные решетки для охлаждения [2, 11].

Процесс изготовления хлеба на закваске с добавлением пюре шпината начинался с активации. Эта закваска, созданная в ФГАНУ НИИХП (г. Москва) в соответствии с международными стандартами, представляет собой смесь чистых культур, состоящую из молочнокислых бактерий *L. plantarum*-30, *L. casei*-26 (*L. casei*-1), *L. brevis*-1, *L. fermenti*-34 и дрожжей *S. cerevisiae* 69. Готовая жидкая ржаная закваска с заваркой должна обладать следующими параметрами: влажность 79...80%, кислотность 10...11⁰T и время подъема «по шарик» 25 минут [8, 11].

При замесе с закваской вносят 15...20% муки от общей ее массы с последующим брожением теста до накопления требуемой кислотности в зависимости от сорта хлеба. Готовая ржаная закваска имеет приятно-кисловатый запах и хорошо разрыхленную газом. Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

выми пузырьками структуру. Активация закваски приведена на рисунке 2.

Готовая закваска добавлялась к пшеничной муке первого сорта, и последовательно вносились остальные ингредиенты: пюре из шпината, соль и сахар, растительное масло. Замешивали тесто и оставляли на брожение на 60 мин при температуре 25...28°C. Выброженное тесто делили на куски, округляли, укладывали в смазанные маслом формы и оставляли на расстойку на 40 мин при температуре 38°C. После этого выпекали при температуре 180°C в течение 40 мин.

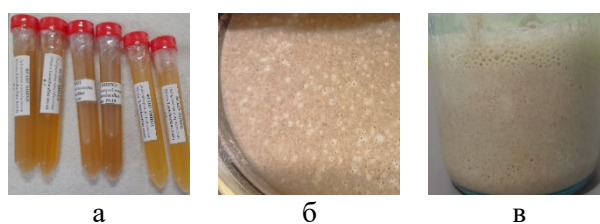


Рис. 2. Активация закваски:

а – составляющие одной закваски;

б – разведенная закваска,

в – подготовленная закваска

Fig. 2. Sourdough activation:

a – components of one sourdough starter;

b – rehydrated sourdough starter;

c – prepared sourdough starter

Анализ выпеченных образцов хлеба с добавлением пюре из шпината, показал, что при безопарном способе приготовления теста, наименее продолжительном, хлеб получился объемнее остальных образцов, очень яркоокрашенным, с наличием мелких пор.

При опарном способе производства теста готовый продукт получился хорошего качества. Ферментация в жидкой фазе даёт возможность дрожжам и ферментам муки выработать широкий спектр ароматических веществ. Готовое изделие обретает узнаваемую, мягкую кислинку и многогранный хлебный аромат.

Третий способ приготовления хлеба безопарный с использованием ржаной закваски является самым продолжительным за счет приготовления закваски. Образец получился хорошо разрыхленным, с более насыщенным вкусом и ароматом, чем

предыдущие образцы, это связано с продуцированием определенных кислот бактериями в процессе ферментации. Данный способом хлеб готовится дольше, но при оптимизации производства становится привлекательной альтернативой с точки зрения диетических свойств и технологической эффективности. Бездрожжевой хлеб – более диетический продукт, содержащий всего 150...180 ккал на 100 г (против 210...260 ккал в дрожжевом). Благодаря низкому гликемическому индексу он помогает поддерживать нормальный уровень сахара в крови. Выпеченные образцы представлены на рисунках 3 и 4.

При расстойке пшеничного хлеба из муки 1 сорта с добавлением пюре из шпината наблюдается усиление бродильных процессов. Это обусловлено обогащением

теста ди- и моносахаридами, содержащимися в пюре, что создает благоприятные условия для активного размножения дрожжей [6].

Качество полученных образцов хлеба с добавлением пюре из шпината оценивали по физико-химическим показателям (рис. 5).

Согласно данным рисунка 5, выпеченные образцы пшеничного хлеба отличаются от контрольного образца более хорошими результатами. Пористость образцов варьирует в пределах 68...74,5%. Самые высокие результаты показали образцы хлеба, выпеченные безопарным и опарным способами (71,4% и 74,5% соответственно). Пористость безопарного образца с использованием ржаной закваски (71%) уступает предыдущим образцам, но превосходит контрольный образец.



Рис. 3. Образцы хлеба (внешний вид) при разных технологических способах приготовления: а – контрольный; б – безопарный; в – опарный способ; г – безопарный на ржаной закваске
Fig. 3. Bread samples (appearance) using different technological methods of preparation: a – control one; b – straight-dough one; c – straight-dough method; d – straight-dough with rye sourdough

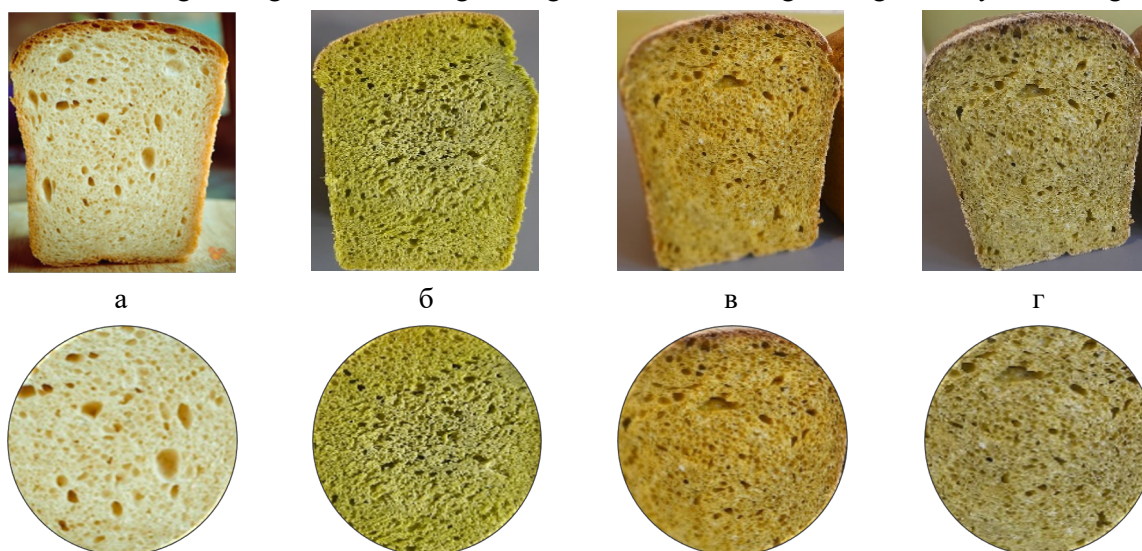


Рис. 4. Образцы хлеба (в разрезе) при разных технологических способах приготовления теста: а – контрольный; б – безопарный; в – опарный; г – безопарный на ржаной закваске
Fig. 4. Bread samples (cross-section) using different dough preparation methods: a – control one; б – straight-dough; в – straight-dough; г – straight-dough with rye sourdough

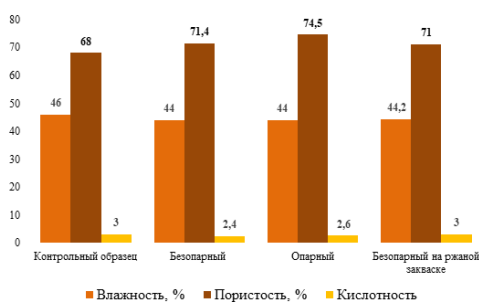


Рис. 5. Сравнительная характеристика физико-химических показателей образцов готовой продукции

Fig. 5. Comparative characteristics of the physical and chemical properties of finished product samples

Добавление 50% пюре из шпината значительно увеличило количество белка в готовом продукте. Расчетным способом установлено, что в пшеничном хлебе из муки первого сорта на 100 г готового продукта количество белка составляет 10,71 г, а в образцах хлеба, приготовленных безопасным и опарным способом, он увеличился до 13,56 и 13,58 г соответственно; в образце с использованием ржаной закваски — до 17,46 г (рис.6).

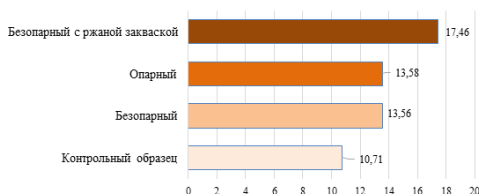


Рис. 6. Исследование белка в образцах хлеба после внесения пюре из шпината

Fig. 6. Protein analysis of bread samples after adding spinach puree

В испытательной лаборатории ООО «Трансколсалдинг» (г. Москва) испытательного центра «Certification Group» был исследован лабораторный образец хлеба, приготовленный безопасным способом с использованием ржаной закваски, поскольку он показал наибольшие результаты по содержанию белка — 17,46 г.

Согласно лабораторным данным, установлено, что включение в рецептуру пшеничного хлеба из муки первого сорта 50% пюре из шпината значительно повысило его пищевую ценность. Полученные ре-

зультаты представлены в таблице 1 и на рисунках 7 и 8.

Таблица 1. Содержание витаминов и минеральных веществ в исследуемом образце хлеба

Table 1. Content of vitamins and minerals in the bread sample under study

Наименование показателя	Результат	
	Хлеб пшеничный из муки 1 сорта (ГОСТ)*	Хлеб пшеничный из муки 1 сорта с добавленным пюре из шпината (на закваске)
Витамины		
Витамин А, мг/100 г	0	0,76±1,5
Витамин В ₉ , мг/100 г	0,027	0,19
Витамин С, мг/100 г	0,2	12,6
Минеральные вещества		
Фосфор, мг/100 г	108	127,9
Магний, мг/100 г	25	81,2
Кальций, мг/100 г	22	135,0
Калий, мг/100 г	120	307,2

*по данным источника
<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=218666>
https://fitaudit.ru/categories/brd/vitamin_c

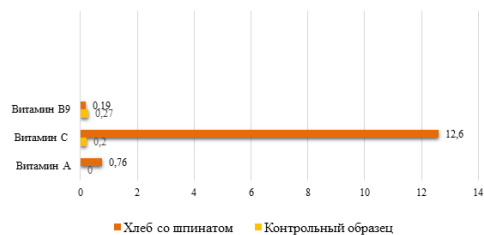


Рис. 7. Содержание некоторых витаминов, мг/100 г

Fig. 7. Content of some vitamins, mg/100 g

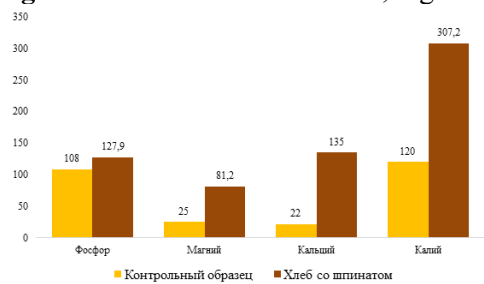


Рис. 8. Содержание минеральных веществ, мг/100 г

Fig. 8. Mineral content, mg/100 g

Заключение.

1. Результаты исследования свидетельствуют о том, что пюре из шпината может успешно применяться как ценный компонент для обогащения пшеничного хлеба.

2. Доказано, что использование шпинатного пюре способствует повышению качества хлеба из пшеничной муки первого сорта, оптимизируя такие параметры, как пористость, влажность и уровень кислотности.

3. Хлеб, приготовленный с использованием закваски, легче усваивается, медленнее повышает уровень сахара в крови и может содержать меньше фитатов, что улучшает усвоение минералов.

4. Результаты пробных выпечек с добавлением пюре из шпината показали положительное влияние на качество пшеничного хлеба. В готовом изделии повышается содержание белка, витаминов и минеральных веществ.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агибалова В.С. Разработка научно обоснованных рецептур хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности с применением перспективных фитообогащителей: дис. ...канд. техн. наук. Воронеж, 2016. 201 с.
2. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: учебник. 9-е из перераб. и доп. / под общ. ред. Л.И. Пучковой. СПб: Профессия, 2005. 416 с., ил.
3. ГОСТ Р 58233-2018 Хлеб из пшеничной муки. Технические условия – Введен в действие 01.10.2019 действующий. М.: Стандартинформ, 2019. 14 с.
4. ГОСТ Р 52349-2005 Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения (с Изменением № 1). Дата введения 01.07.2006. М.: Стандартинформ, 2006. 17 с.
5. ГОСТ 26987-86. Хлеб белый из пшеничной муки высшего, первого и второго сортов. Введен впервые 01.12.1986 действующий. М.: Изд-во стандартов, 2002. 10 с.
6. Едыгова С.Н., Хатко З.Н., Джолов З.Р. Влияние способов приготовления теста, с добавлением сока свеклы столовой на показатели качества хлеба из пшеничной муки 1 сорта // Новые технологии. 2022. Т. 18, № 3. С. 36-43.
7. Разработка бизнес-проекта «Хлеб функционального назначения» / Едыгова С.Н. [и др.] // Новые технологии. 2023. Т. 19, № 3. С. 27-35.
8. Куижева С.К., Хатко З.Н., Наумова Е.В. Активация производственных заквасок в производстве ржано-пшеничного мини-хлеба для общественного питания: монография. Майкоп: Магарин О.Г., 2022. 86 с.
9. Инновационные технологии хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий: монография / под ред. д-ра техн. наук, проф. С.Я. Корячкиной. Орел: Госуниверситет-УНПК, 2011. 265 с.
10. Сокол Н.В. Теоретическое обоснование и разработка технологий хлеба функционального назначения: автореф. дис. ...д-ра техн. наук: 05.18.01. Краснодар, 2011. 52 с.
11. Тертычная Т.Н., Манжесов В.И., Калашникова С.В. Технология хлебопекарного производства. Воронеж: ВГАУ, 2010. 179 с.
12. Dhingra S., Jood S. Effect of flour blending on functional, baking and organoleptic characteristics of bread // International Journal of Food Science & Technology. 2004. Vol. 39, № 2. P. 213-222.
13. Roberfroid M.B. Globalview on functional foods: European perspectives. Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects // Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 1993. № 33 (2). P. 103-148.
14. Roberfroid M.B. Globalview on functional foods: European perspectives // British J. Nutrition. 2002. Vol. 88. P. 133-138.
15. <https://mybook.ru/author/margarita-akulich-6/shpinat-obyknovennyj-idi-kij/read/?ysclid=mgzhdiylaw798608158>

REFERENCES

1. Agibalova, V.S. Development of scientifically substantiated formulations for bakery products with enhanced nutritional value using promising phytoenrichers: PhD (Eng.) Dissertation. Voronezh, 2016. 201 p. [In Russ.]

2. Auerman, L.Ya. Bakery production technology: textbook. 9th rev. and add. / edited by L.I. Puchkova. St. Petersburg: Profession, 2005. 416 p., ill.
3. GOST R 58233-2018 Wheat flour bread. Specifications –Valid since 01.10.2019. Moscow: Standartinform, 2019. 14 p. [In Russ.]
4. GOST R 52349-2005 Food Products. Functional food products. Terms and definitions (with Amendment No. 1). Date of validity: 01.07.2006. Moscow: Standartinform, 2006. 17 p. [In Russ.]
5. GOST 26987-86. White bread made from premium, first, and second grade wheat flour. Introduced for the first time on 01.12.1986, valid. Moscow: Publishing House of Standards, 2002. 10 p. [In Russ.]
6. Yedygova, S.N., Khatko, Z.N., Dzholov, Z.R. Effect of dough preparation methods with the addition of beet juice on the quality indicators of bread made from first grade wheat flour // *New technologies*. 2022. Vol. 18, Issue 3. P. 36-43. [In Russ.]
7. Development of a business project “Functional Bread” / Yedygova S.N. [et al.] // *New technologies*. 2023. Vol. 19, Issue 3. P. 27-35. [In Russ.]
8. Kuizheva, S.K., Khatko, Z.N., Naumova, E.V. Activation of industrial starters in the production of rye-wheat mini-bread for public catering: a monograph. Maikop: Magarin O.G., 2022. 86 p. [In Russ.]
9. Innovative technologies of bakery, pasta and confectionery products: a monograph / edited by Dr Sci. (Eng.), Professor S.Ya. Koryachkina. Orel: State University-UNPK, 2011. 265 p. [In Russ.]
10. Sokol N.V. Theoretical substantiation and development of functional bread technologies: abstract. dis. ... Dr Sci. (Eng.): 05.18.01. Krasnodar, 2011. 52 p. [In Russ.]
11. Tertychnaya, T.N., Manzhesov, V.I., Kalashnikova, S.V. Technology of bread baking production. Voronezh: VSAU, 2010. 179 p. [In Russ.]
12. Dhingra S., Jood S. Effect of Flour Blending on Functional, Baking, and Organoleptic Characteristics of Bread // *International Journal of Food Science & Technology*. 2004. Vol. 39, No. 2, pp. 213-222.
13. Roberfroid M.B. Global View on Functional Foods: European Perspectives. Dietary Fiber, Inulin, and Oligofructose: a Review Comparing Their Physiological Effects // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1993. No. 33 (2), pp. 103-148.
14. Roberfroid M.B. Global view on functional foods: European perspectives // *British J. Nutrition*. 2002. Vol. 88. P. 133-138.
15. <https://mybook.ru/author/margarita-akulich-6/shpinat-obyknovennyj-idikij/read/?ysclid=mgzhdylaw798608158>

Информация об авторах / Information about the authors

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

Сергеева Ирина Анатольевна, 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: sergeeva-irina87@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

Saida N. Edygova, PhD (Eng.), Associate professor, the Department of Food Technology and Catering, 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

Irina A. Sergeeva, Master student, Department of Food Technology and Catering, Maykop State Technological University; 358000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., e-mail: sergeeva-irina87@mail.ru

Susanna T. Beretar, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Food Technology and Catering Organization, 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

Заявленный вклад авторов

Сергеева Ирина Анатольевна, Едыгова Саида Нурбиевна – проведение эксперимента.
Едыгова Саида Нурбиевна, Беретарь Сусанна Теучежевна – подбор литературных источников.

Едыгова Саида Нурбиевна – оформление статьи по требованиям журнала.

Едыгова Саида Нурбиевна, Беретарь Сусанна Теучежевна – разработка методики исследования, валидация данных.

Claimed contribution of the authors

Irina A. Sergeeva, Saida N. Yedygova – conducting the experiment.

Saida N. Yedygova, Susanna T. Beretar – selecting literary sources.

Saida N. Yedygova – preparation of the article according to the requirements of the Journal.

Saida N. Yedygova, Susanna T. Beretar – development of the research methodology and validating the data.

Поступила в редакцию 17.10.2025

Поступила после рецензирования 24.11.2025

Принята к публикации 25.11.2025

Received 17.10.2025

Revised 24.11.2025

Accepted 25.11.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-30-39>

УДК 664.76.004.12



Воздействие обогащающих добавок на показатели качества зернового экструдированного продукта

Е.Н. Ефремова✉, Н.Ю. Петров, Е.А. Захарова

*Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»;
Волгоград, Российская Федерация,
✉Elenalob@rambler.ru*

Аннотация. Введение. В настоящее время важно обеспечить организм полноценным и сбалансированным питанием. Создание обогащенных продуктов питательными веществами, способствует, повышению их пищевой ценности. Поэтому основной задачей исследования было разработать готовый к употреблению продукт с оптимальным составом, что также поспособствует развитию ограниченной сферы функционального питания. **Цель исследования.** Исследовать влияние обогащающих добавок на показатели качества зернового экструдированного продукта. **Задачи:** изучить влияние вкусовых и обогащающих добавок на качество готового продукта; разработать рецептуру ячменных палочек и получить опытный образец; исследовать показатели качества готового продукта. **Объектом исследования** данной работы явились: палочки экструдированные ячменные, обогащенные овсяными отрубями и мукой киноа. **Методы исследования.** Работа была проведена на базе кафедры «Технологии производства и экспертиза товаров» ФГБОУ ВО Волгоградского государственного аграрного университета. Была разработана рецептура палочек, где 50 % основного сырья составила ячменная мука, вспомогательного – мука киноа, отруби овсяные и миндальное масло. **Результаты и обсуждение.** Результаты органолептических и физико-химических показателей соответствовали требованиям ГОСТ Р 50365-92. По результатам органолептической оценки было установлено, что по внешнему виду палочки были тонкие, воздушные, имели пузырчатые вздутия, по цвету светло-коричневые в сахарной пудре, имели выраженный запах зерновых, сладковатые, консистенция была хрупкая. Пищевая ценность палочек составила 171 ккал, количество пищевых волокон в 100 г продукта составляло 9,37 мг, основной показатель пищевых волокон был за счет добавления ячменной муки. **Заключение.** При проведении исследования были разработаны ячменные палочки, основным сырьем для изготовления которых являются ячменная мука, также мука киноа, овсяные отруби.

Ключевые слова: экструдированный продукт, мука киноа, овсяные отруби, ячменная мука, органолептические показатели, физико-химические показатели, пищевая ценность

Для цитирования: Ефремова Е.Н., Петров Н.Ю., Захарова Е.А. Воздействие обогащающих добавок на показатели качества зернового экструдированного продукта. *Новые технологии / New technologies.* 2025; 21(4): 30-39. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-30-39>

The effect of fortifying additives on the quality indicators of extruded grain products

E.N. Efremova✉, N.Yu. Petrov, E.A. Zakharova

*Volgograd State Agrarian University; Volgograd, the Russian Federation
✉Elenalob@rambler.ru*

Abstract. Introduction. Currently, it is important to provide the body with complete and balanced nutrition. The creation of products fortified with nutrients contributes to their increased nutritional value. Therefore, the main objective of the research was to develop a ready-to-eat product with an optimal composition, which will also contribute to the development of a limited field of functional nutrition. **The goal of the research** is to study the impact of fortifying additives on the quality indicators of extruded grain products. The objectives are to study the impact of flavoring and fortifying additives on the quality of the finished product; to develop a recipe for barley sticks and obtain a pilot sample; to analyze the quality indicators of the finished product. The object of this research was extruded barley sticks enriched with oat bran and quinoa flour. **The research methods.** The research was conducted at the Department of Production Technology and Product Expertise of Volgograd State Agrarian University. A recipe for sticks was developed, in which 50% of the main raw material was barley flour, 50% of the auxiliary raw materials were quinoa flour, oat bran, and almond oil. **The results and discussion.** The results of the organoleptic and physicochemical indicators complied with the requirements of GOST R 50365-92. According to the results of the organoleptic evaluation, it was established that the sticks were thin and airy in appearance, had bubbly swellings, were light brown in color in powdered sugar, had a pronounced cereal smell, a sweetish taste, and a brittle consistency. The nutritional value of the sticks was 171 kcal, and the amount of dietary fiber per 100 g of product was 9.37 mg, primarily due to the addition of barley flour. **Conclusion.** Barley sticks were developed using barley flour as the main raw material, as well as quinoa flour and oat bran.

Keywords: extruded product, quinoa flour, oat bran, barley flour, organoleptic properties, physicochemical properties, nutritional value

For citation: Efremova E.N., Petrov N.Yu., Zakharova E.A. The effect of fortifying additives on the quality indicators of extruded grain products. *Novye Tehnologii / New Technologies*. 2025; 21(4): 30-39. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-30-39>

Введение. Проблема ухудшающейся экологии и несбалансированного питания населения России делает актуальным расширение ассортимента функциональных продуктов. В стране широко распространен дефицит витаминов, особенно витамина С, который наблюдается у 80-90% обследуемых, у которых недостаток достигал 50-80%. Не хватает также витаминов В₁, В₂, В₆ и фолиевой кислоты у 40-80% жителей [1, 2, 3].

В России наблюдается постоянный рост популярности продуктов быстрого приготовления, которые уже употребляют свыше 40% населения. Как показывает как международный, так и отечественный опыт, оправданным способом обеспечения населения необходимыми микронутриентами является дополнительное обогащение масловых продуктов питания.

Зерновые культуры занимают значительное место в рационе россиян. Они обеспечивают разнообразное и полезное питание. Сухие завтраки и хлеб являются

важными источниками необходимых питательных веществ, витаминов и минералов. Если зерно подвергается специальной обработке, его пищевая ценность значительно увеличивается. Существует технология, которая позволяет не только создать продукт с отличными органолептическими свойствами, но и сохранить его полезные характеристики. Экструзия помогает производить легко усваиваемые продукты питания с высокими вкусовыми качествами, готовые к употреблению [4, 5, 6].

Необходимо отметить и то, что в целом несбалансированная структура питания населения России является одной из главных причин увеличения доли людей, страдающих от избыточного веса и ожирения, анемии, дефицита йода, диабета, заболеваний сердца и др. Кроме того, сбалансированное здоровое питание является значимым фактором и в борьбе с последствиями пандемии COVID-19 [7].

Продовольственная безопасность была и остается одной из первых задач сельско-

хозяйственной политики государства. Главной зерновой культурой, произрастающей в России, является пшеница, которая занимает первое место среди зерновых культур. Второе место занимает выращивание ячменя, затем овса, кукурузы (желтой и белой).

Зерновые культуры представляют собой сущность продовольственной безопасности, а аграрный сектор имеет непосредственное влияние на образ жизни человека и питание.

Цель исследования. Исследовать влияние обогащающих добавок на показатели качества зернового экструдированного продукта.

Задачи:

- изучить влияние вкусовых и обогащающих добавок на качество готового продукта;
- разработать рецептуру ячменных палочек и получить опытный образец;
- исследовать показатели качества готового продукта.

Методы исследования. Исследование проводили на базе кафедры «Технология производства и экспертиза товаров» ФГБОУ ВО Волгоградского государственного аграрного университета. Объект исследования: палочки экструдированные ячменные, обогащенные овсяными отрубями и мукой киноа. Органолептические показатели продукта определяли по ГОСТ 15113.1-77 «Концентраты пищевые. Методы определения качества упаковки, массы нетто, объемной массы, массовой доли отдельных компонентов, размера отдельных видов продукта и крупности помола» и физико-химические показатели качества определяли по ГОСТ 15113.4-2021 «Концентраты пищевые. Гравиметрические методы определения массовой доли влаги» и по ГОСТ 15113.6-77 «Концентраты пищевые. Методы определения сахарозы». В данных государственных стандартах описаны методики выполнения измерений.

Результаты и обсуждение. В качестве основного ингредиента палочек была вы-

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

брана ячменная мука. Этот выбор зависит от богатого химического состава этого вида зерна, а его выращивание занимает второе место после выращивания пшеницы: зерна ячменя содержат большое количество питательных веществ – жиров, белков, пищевых волокон, углеводов и др. Зерна ячменя богаты витаминами В₁, В₂, В₃, РР и F, а также минеральными веществами – фосфором, калием, магнием и кальцием.

Активные компоненты, содержащиеся в ячмене, включая пищевые волокна, полифенольные соединения, белковую фракцию и резистентный крахмал оказывают влияние на пищевые и функциональные свойства в улучшении метаболизма глюкозы и жира. Хотя продукты из ячменя присутствуют на рынке уже много лет, ассортимент основных продуктов все еще несколько ограничен [8, 9].

В последние годы киноа привлекла внимание после того, как было обнаружено, что она является одним из самых ценных источников пищи. Киноа содержит все незаменимые аминокислоты, которые организм человека самостоятельно не может синтезировать.

Зерна киноа перемалываются, и полученную муку можно использовать как добавку для приготовления различных видов выпечки и хлеба. Киноа добавляют в пищевые продукты в виде порошка для повышения пищевой ценности и повышения содержания незаменимых аминокислот.

Киноа считается псевдозерном и признана полноценным продуктом питания из-за высокого содержания белка (15%). Обладает важными питательными свойствами из-за отличного баланса аминокислот. Это важный источник минералов и витаминов, а также было обнаружено, что она содержит соединения с питательными свойствами, такими как полифенолы, фитостеролы и флавоноиды. Киноа обладает некоторыми функциональными и функционально-технологическими свойствами, такими как растворимость, водоудерживающая способность, кристалличность, эмуль-

гируемость и пенообразование, которые позволяют использовать его в различных областях. Киноа обладает высокой питательной ценностью [10].

Киноа богата полезными для здоровья фитохимическими веществами, аминокислотами, клетчаткой, полиненасыщенными жирными кислотами, витаминами, минералами, сапонинами, фитостеролами, фенолами, беталаином и глицин-бетаином. На основе киноа проведены клинические исследования, которые показали, что добавка киноа оказывает значительное влияние на здоровье сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта у людей [10, 11]. Грубая структура киноа делает ее более питательной, чем большинство злаков, и она является отличным источником энергии благодаря содержанию углеводов 61-74%. Киноа также содержит незаменимые аминокислоты (лизин, треонин, валин, лейцин, триптофан, фенилаланин, тирозин и метионин), которые не могут синтезироваться в организме. Аминокислотный состав белка киноа близок к идеальному белковому балансу. Киноа богат лизином, благодаря высокому содержанию белка его можно использовать в качестве питательных веществ в пищевых продуктах.

Киноа содержит высокий процент кальция, магния, железа, фосфора, меди и цинка, является источником витаминов, таких как фолиевая кислота, витамин С, бета-каротин и др. Мука киноа богата полезными для здоровья фитохимическими веществами, аминокислотами, клетчаткой, полиненасыщенными жирными кислотами, витаминами, минералами, сапонинами и фитостеролами, фенолами, беталаином и глицин-бетаином [10].

Отруби – это измельченная оболочка зерна, включающая зерновой зародыш и алейроновый слой (самые полезные компоненты зерна, содержащие массу полезных веществ). Оценивая их биологическую ценность, можно сказать, что в оболочках, зародыше и алейроновом слое находится

до 90% полезных веществ, все это сохраняется в отрубях [11, 12].

Отруби являются отличным источником клетчатки, что особенно важно для нормальной работы кишечника и системы пищеварения в целом.

Овсяные отруби являются хорошо известным продуктом на рынке, признанным за его роль в снижении уровня холестерина в крови, а последние исследования показали наличие глюкозидов, которые обладают ингибирующим действием против раковых клеток толстой кишки человека [13, 14, 15].

Свойства отрубей:

- содержат незаменимые микро- и макроэлементы, витамины А и Е, группы В, что также необходимо для поддержания ряда важнейших функций в организме человека;
- улучшают белковый, углеводный, энергетический, жировой и водно-солевой обмен;
- принимают участие в процессе кроветворения;
- участвуют в регулировке функций сердечно-сосудистой, нервной, пищеварительной и мышечной систем человека;
- очищают организм от тяжелых металлов;
- нормализуют работу кишечника;
- уменьшают риск возникновения опухолей в области толстой кишки.

Основную часть отрубей составляют пищевые волокна – клетчатка, которая, перемешиваясь в кишечнике с пищей, впитывает в себя лишнюю влагу, токсины, соединения тяжелых металлов.

Сахарная пудра была внесена в продукт в качестве добавки для придания вкуса. Для наилучшего прилипания сахарной пудры изделие смазывают растительным маслом. Для этой цели было выбрано миндальное масло, так как оно безопасно и играет потенциальную роль в управлении сердечно-сосудистыми рисками, гомеостазе глюкозы, снижении окислительного стресса и нейропротекции [16, 17, 18].

Исходя из поставленных задач, нами получен лабораторный образец экструдированных зерновых палочек по схеме, представленной на рисунке 1.



Рис. 1. Векторная схема получения экструдированных палочек
Fig. 1. Vector diagram for obtaining extruded sticks

При приготовлении палочек ячменная и киноа крупы просеивались, после чего направлялись на измельчение в лабораторной мельнице до получения муки. Полученную муку просеивали через сита с диаметром отверстий 0,5-0,7 мм, параллельно готовили крахмал и отруби. Затем все компоненты взвешивали. Полученную смесь экструдировали в одношнековом экструдере при температуре 170-190°C; давлении 12-20 МПа в течение 12-15 минут. Полученные палочки охлаждали на воздухе, после чего сбрызгивали маслом, а затем нанесли на них сахарную пудру.

В процессе проведения исследования было составлено несколько рецептов, отличающихся содержанием ячменной муки и отрубей овсяных. В таблице 1 представлена рецептура экструдированных ячменных палочек в зависимости от количества внесенной ячменной муки и отрубей овсяных. В качестве основных компонентов в рецептуре экструдированных палочек использовалась ячменная мука, а в качестве дополнительных компонентов – мука киноа, крахмал, сахарная пудра, миндальное масло, отруби овсяные.

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

Таблица 1. Рецептура экструдированных ячменных палочек

Table 1. Formulation of extruded barley sticks

Компоненты рецептуры	Масса на 100 г готового продукта, г			
	контрольный образец	первый образец	второй образец	третий образец
Ячменная мука, г	20,0	30,0	50,0	60,0
Мука киноа, г	15,0	15,0	15,0	15,0
Отруби овсяные	40,0	30,0	10,0	-
Кукурузный крахмал	10,0	10,0	10,0	10,0
Миндальное масло	5,0	5,0	5,0	5,0
Сахарная пудра	10,0	10,0	10,0	10,0
Итого	100	100	100	100

За контрольный образец взяли ячменную муку в количестве 20 г, отрубей овсяных 40 г, в остальных образцах происходила замена отрубей овсяных на ячменную муку.

Результаты органолептических показателей готового продукта представлены в таблице 2.

По результатам таблицы 2 органолептической оценки палочек, было установлено, что согласно ГОСТ Р 50365-92 наилучшим является второй образец. По результатам органолептической оценки было установлено, что по внешнему виду палочки были тонкие, воздушные, имели пузырчатые вздутия, по цвету светло-коричневые в сахарной пудре, имели выраженный запах зерновых, сладковатые, консистенция была хрупкая, пористая. В результате при изучении разных пропорций ячменной муки (20, 30, 50 и 60 г) и их влияния на консистенцию лучший образец был при содержании ячменной муки в количестве 50 г, продукт получился хрупкой и пористой структурой, сладковатой по вкусу.

Результаты физико-химических показателей ячменных палочек второго образца отражены в таблице 3.

Результаты изучения физико-химических показателей свидетельствуют о соответствии продукта требованиям ГОСТ Р 50365-92. Массовая доля сахарозы выше на 3 % нормы по ГОСТ Р 50365-92.

Предназначенные для реализации пищевые продукты должны удовлетворять физиологическим потребностям человека в необ-

ходимых веществах и энергии, соответствовать обязательным требованиям, установленным законодательством РФ. Ежедневный пищевой рацион должен обеспечивать поступление в организм достаточного количества белков, жиров, углеводов, минеральных веществ, витаминов и воды.

Таблица 2. Органолептические показатели экструдированных ячменных палочек

Table 2. Organoleptic properties of extruded barley sticks

Показатель	Контрольный образец	Первый образец	Второй образец	Третий образец	Норма по ГОСТ Р 50365-92
Внешний вид	Тонкие, невоздушные	Тонкие, воздушные	Тонкие, воздушные, поджаренные, имеются пузырьчатые вздутия	Ломкие, грубые, пузырьчатость отсутствует	Тонкие, поджаренные, разной формы, с поверхностью, имеющей пузырьчатые вздутия
Цвет	Желтый, в сахарной пудре	Светлокоричневый, в сахарной пудре	Светлокоричневый, в сахарной пудре, неравномерный	Кремовый, в сахарной пудре	Желтый и кремовый разных оттенков, в зависимости от используемого сырья
Запах	Выраженный запах зерновых, свойственный поджаренным хлопьям.	Выраженный запах зерновых, свойственный поджаренным хлопьям.	Выраженный запах зерновых, свойственный поджаренным хлопьям.	Выраженный запах зерновых, свойственный поджаренным хлопьям.	Свойственный поджаренным хлопьям.
Вкус	Посторонний привкус не присутствует	Поджаренные, посторонний привкус не присутствует	Сладковатый, мягкий, посторонний привкус не присутствует	Поджаренный, посторонний привкус не присутствует	Свойственный поджаренным хлопьям. Посторонний привкус не допускается
Консистенция	Хрупкая, пористая	Хрупкая, пористая	Хрупкая, пористая	Хрупкая, пористая	Хрупкая, не жесткая

В таблице 4 представлена пищевая ценность по составу продуктов экструдированных ячменных палочек.

При анализе таблицы 4 наибольший показатель калорийности был в миндальном масле 900 ккал/100 г, наименьший в отрубях овсяных – 11 ккал/100 г. Пищевыми волокнами богата ячменная мука и насчитывает 7,25 мг на 100 г продукта.

Таблица 3. Физико-химические показатели готового продукта
Table 3. Physicochemical properties of the finished product

Показатель качества	Ячменные палочки с овсяными отрубями (второй образец)	Норма по ГОСТ Р 50365-92
Массовая доля влаги, %	3,0 ± 0,2	не более 5
Массовая доля сахарозы, %	29,8 ± 0,4	не менее 26
Массовая доля поваренной соли, %	3,0 ± 0,4	не более 6
Массовая доля мелочи, %	1,1 ± 0,2	не более 12,0
Массовая доля стекловидных хлопьев, %	3,2 ± 0,4	не более 12,0

Таблица 4. Пищевая ценность экструдированных ячменных палочек с овсяными отрубями (второй образец), ккал/100 г

Table 4. Nutritional value of extruded barley sticks with oat bran (second sample), kcal/100 g

Пищевые вещества	Ячменная мука	Мука киноа	Отруби овсяные	Крахмал кукурузный	Миндальное масло	Сахарная пудра
Белки, г	5,15	2,32	0,8	0,03	0	0
Жиры, г	1,2	1,125	0,4	0,01	100	0
Углеводы, г	28,2	10,125	1	9,1	0	99,8
Пищевые волокна, мг	7,25	0,375	1,65	0,09	-	-
Калорийность, ккал/100 г	144	60	11	37	900	399

В таблице 5 представлен расчет калорийности готового изделия экструдированных ячменных палочек.

Таблица 5. Расчет калорийности экструдированных ячменных палочек с овсяными отрубями (второй образец)

Table 5. Calculation of caloric content of extruded barley sticks with oat bran (second sample)

Компоненты рецептуры	Вес, г	Калорийность, ккал/100 г	Калорийность, ккал
Ячменная мука, г	50	144	72
Мука киноа, г	15	60	9
Отруби овсяные	10	11	1
Кукурузный крахмал	10	37	4
Миндальное масло	5	900	45
Сахарная пудра	10	399	40
Итого	100		171

При расчете калорийности готового продукта калорийность составила 171 ккал. Расчет был проведен в зависимости от рецептуры. Из приведенных расчетов можно сделать вывод, что низкая калорийность отрубей овсяных, кукурузного крахмала и
Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

муки киноа при изготовлении экструдированных палочек практически не влияет на энергетическую ценность.

Заключение. Разработана рецептура ячменных палочек, обогащенных овсяными отрубями и мукой киноа с целью внедрения продукта в рационы питания. Работа предусматривала разработку четырех образцов. Контрольный образец включал ячменную муку в количестве 20 г, отруби овсяные – 40 г. В исследовании была проведена частичная и полная замена отрубей овсяных на ячменную муку и выбран наилучший вариант по органолептическим показателям. Образец, в составе которого содержалось 50 г ячменной муки и 10 г отрубей овсяных, соответствовал требованиям ГОСТ Р 50365-92. В результате использования в составе рецептуры основ-

ного сырья – ячменной муки, в работе был описан состав зерна ячменя, компоненты, оказывающие влияние на пищевые и функциональные свойства в организме человека. Также были описаны полезные свойства зерна киноа и овсяных отрубей. Разработанная рецептура позволит компенсировать нехватку питательных веществ и продуктов, обогащенных витаминами, пищевыми волокнами и важными минералами. Проведена оценка качества ячменных палочек в соответствии с требованиями стандартов. По органолептическим и физико-химическим показателям палочки отвечали требованиям ГОСТ Р 50365-92, имели тонкий внешний вид, были поджаренные, хрупкие, по цвету светло-коричневые в сахарной пудре, на вкус сладковатые. Массовая доля сахарозы составила $29,8 \pm 0,4 \%$.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жушман А.И., Лукин Н.Д. Опыт производства крахмалопродуктов для детского, лечебного и диетического питания. М.: АгроНИИТЭИПП, 1992. 28 с.
2. Дунаев А.Н. Производство зерновых завтраков в США // Пищевая промышленность. 1992. № 6. С. 29-31.
3. Жушман А.И., Карпов В.Г., Коптелова Е.К. Новое в технике и технологии производства пищевых продуктов экструзионным методом: информационный обзор. М.: Информагротех, 1991. 56 с.
4. Sezgin, Aybuke Ceyhun, Sanlier, Nevin. A new generation plant for the conventional cuisine: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) // Trends in Food Science & Technology. 2019. Vol. 86. P. 51-58.
5. Ефремова Е.Н. Совершенствование рецептуры пшеничного хлеба добавками, обладающими функциональными и технологическими свойствами // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 207-213.
6. Магомедов Г.О., Карпенко В.И., Журавлев А.А. Реологические свойства теста с экстрактом овса // Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 1. С. 27-29.
7. Анищенко А.Н., Усманов Д.И. Изменение структуры питания населения регионов России как угроза обеспечения продовольственной безопасности // Креативная экономика. 2023. Т. 17, № 11. С. 4291-4308.
8. Скурихин И.М., Тутильян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. М.: ДеЛи принт, 2008. 275 с.
9. Almond oil: A comprehensive review of chemical composition, extraction methods, preservation conditions, potential health benefits, and safety / Ouzir Mounir [et al.] // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2021. Vol. 20, No. 4. P. 3344-3387.
10. Гриднева Е.Е., Калиакпарова Г.Ш., Абдибеков С.У. Инновационная культура - киноа как альтернативный источник продуктов питания в республике Казахстан // Проблемы агрорынка. 2023. № 3. С. 131-140.

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

11. Влияние состава композитных смесей с пониженным содержанием глютена на реологические свойства теста на их основе / Ушакова Ю.В. [и др.] // Новые технологии. 2020. Т. 15, № 4. С. 74-83.
12. Калмыкова Е.В., Ефремова Е.Н. Переработка натурального растительного сырья и использование его в качестве добавок при производстве хлебобулочных изделий // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 172-177.
13. Остриков А.Н., Абрамов О.В., Рудометкин А.С. Экструзия в пищевой технологии. СПб.: ГИОРД, 2004. 280 с.
14. Павловская О.Е., Гольяница Л.Ф., Винникова Л.Г. Применение экструзии при производстве диетических продуктов, обогащенных пищевыми волокнами. М.: АгроНИИТЭИПП, 1992. 20 с.
15. Avenanthramide aglycones and glucosides in oat bran: chemical profile, levels in commercial oat products, and cytotoxicity to human colon cancer cells / Wu Wenbin [et al.] // Journal of agricultural and food chemistry. 2018. Vol. 66, No. 30. P. 8005-8014.
16. Фаст Р.Б, Колдуэлла Э.Ф. Зерновые завтраки. М.: Профессия, 2007. 532 с.
17. Микуляк А.Ю., Решетников Е.А., Лобосова Л.А. Показатели качества кукурузных палочек // Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: материалы VI Международной научно-технической конференции. Воронеж: ВГУИТ, 2017. С. 396-397.
18. Bashar Kishkiye, Jumma Merza, Francois Cara Beth. Studying the oil content of sweet almond kernels in the Syrian environment // Alley of Science. 2020. Vol. 1, No. 12. P. 83-88.

REFERENCES

1. Zhushman, A.I., Lukin, N.D. Experience in the production of starch products for baby, medical, and dietary nutrition. Moscow: AgroNIITEIPP, 1992. 28 p. [In Russ.]
2. Dunaev, A.N. Breakfast cereal production in the USA // Food Industry. 1992. No. 6. P. 29-31. [In Russ.]
3. Zhushman, A.I., Karpov, V.G., Koptelova, E.K. New Developments in extrusion food production technology: an information review. Moscow: Informagrotech, 1991. 56 p. [In Russ.]
4. Sezgin, Aybuke Ceyhun, Sanlier, Nevin. A New Generation Plant for the Conventional Cuisine: Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) // Trends in Food Science & Technology. 2019. Vol. 86. P. 51-58.
5. Efremova, E.N. Improving the recipe for wheat bread with additives with functional and technological properties // Bulletin of the Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. Issue 4 (40). P. 207-213. [In Russ.]
6. Magomedov, G.O., Karpenko, V.I., Zhuravlev, A.A. Rheological properties of dough with oat extrudate // Storage and processing of agricultural raw materials. 2010. Issue 1. P. 27-29. [In Russ.]
7. Anishchenko, A.N., Usmanov, D.I. Changing nutrition patterns of the population of Russian regions as a threat to food security // Creative Economy. 2023. Vol. 17, Issue 11. P. 4291-4308. [In Russ.]
8. Skurikhin, I.M., Tutilyan, V.A. Tables of chemical composition and caloric content of Russian food products. Moscow: DeLi print, 2008. 275 p. [In Russ.]
9. Almond oil: A comprehensive review of chemical composition, extraction methods, preservation conditions, potential health benefits, and safety / Ouzir Mounir [et al.] // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2021. Vol. 20, Issue 4. P. 3344-3387.
10. Gridneva, E.E., Kaliakparova, G.Sh., Abdibekov, S.U. Innovative crop - quinoa as an alternative food source in the Republic of Kazakhstan // Problems of the agro-market. 2023. Issue 3. P. 131-140. [In Russ.]
11. Effect of the composition of composite mixtures with reduced gluten content on the rheological properties of dough based on them / Ushakova Yu.V. [et al.] // New Technologies. 2020. Vol. 15, Issue 4. P. 74-83. [In Russ.]
12. Kalmykova, E.V., Efremova, E.N. Processing of Natural Plant Raw Materials and Their Use as Additives in the Production of Bakery Products // News of the Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex: Science and higher professional education. 2013. Issue 4 (32). P. 172-177. [In Russ.]

13. Ostrikov, A.N., Abramov, O.V., Rudometkin, A.S. Extrusion in food technology. St. Petersburg: GIORД, 2004. 280 p. [In Russ.]
14. Pavlovskaya, O.E., Golvyanitsa, L.F., Vinnikova, L.G. Use of extrusion in the production of dietary products enriched with dietary fiber. Moscow: AgroNIITEIPP, 1992. 20 p. [In Russ.]
15. Avenanthramide Aglycones and Glucosides in Oat Bran: Chemical Profile, Levels in Commercial Oat Products, and Cytotoxicity to Human Colon Cancer Cells / Wu Wenbin et al. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2018. Vol. 66, Issue 30. P. 8005-8014.
16. Fast, R.B., Caldwell, E.F. Breakfast Cereals. Moscow: Profession, 2007. 532 p. [In Russ.]
17. Mikulyak, A.Yu., Reshetnikov, E.A., Lobosova, L.A. Quality indicators of corn sticks // New in the technology and engineering of functional food products based on medical and biological views: proceedings of the VI International scientific and technical conference. Voronezh: VSUET, 2017. P. 396-397. [In Russ.]
18. Bashar Kishkiye, Jumma Merza, Francois Cara Beth. Studying the oil content of sweet almond kernels in the Syrian environment // Alley of Science. 2020. Vol. 1, No. 12. Pp. 83-88.

Информация об авторах / Information about the authors

Ефремова Елена Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой «Технологии производства и экспертиза товаров», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»; 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6048-0390>, e-mail: Elenalob@rambler.ru

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»; 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1293-8277>, e-mail: npetrov60@list.ru

Захарова Екатерина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедры «Инновационные технологии в АПК», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»; 400002, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26, e-mail: e.zaharova92@yandex.ru

Elena N. Efremova, Dr Sci. (Agr.), Associate Professor, Head of the Department of Production Technologies and Product Expertise, Volgograd State Agrarian University; 400002, the Russian Federation, Volgograd, 26 Universitetsky Ave., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6048-0390>, e-mail: Elenalob@rambler.ru

Nikolay Y. Petrov, Dr Sci. (Agr.), Professor, Department of Technology of Storage and Processing of Agricultural Raw Materials and Public Catering, Volgograd State Agrarian University; 400002, the Russian Federation, Volgograd, 26 Universitetsky Ave, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1293-8277>, e-mail: npetrov60@list.ru

Ekaterina A. Zakharova, PhD (Agr.), Associate Professor, Department of Innovative Technologies in the Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University; 400002, the Russian Federation, Volgograd, 26 Universitetsky Ave, e-mail: e.zaharova92@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Ефремова Елена Николаевна – проведение эксперимента, подбор литературных источников.

Петров Николай Юрьевич – оформление статьи по требованиям, разработка методики исследования, валидация данных журнала

Захарова Екатерина Александровна – разработка методики исследования, валидация данных.

Claimed contribution of the authors

Elena N. Efremova – conducting the experiment, selecting literary sources.

Nikolai Y. Petrov – preparation of the article according to the requirements, development of the research methodology, validation the Journal data.

Ekaterina A. Zakharova – development of the research methodology, validation the data.

Поступила в редакцию 16.10.2025

Поступила после рецензирования 21.11.2025

Принята к публикации 24.11.2025

Received 16.10.2025

Revised 21.11.2025

Accepted 24.11.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-40-51>
УДК 663.252.6:[675.017.36:677.021.122.62]



Моделирование и разработка цифрового инструмента для автоматизации расчета органолептических показателей экстракта выжимок винограда в зависимости от температуры экстрагирования

Е.А. Иванова^{✉1}, А.С. Бородихин², Т.В. Першакова³

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

²Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»;
г. Краснодар, Российская Федерация

³Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Кубанский институт профессионального образования»;
г. Краснодар, Российская Федерация

Аннотация. Введение. Разработка функциональных напитков на основе виноградных выжимок является перспективным направлением, что обусловлено доказанной эффективностью сохранения в них комплекса полифенольных соединений и витаминов. При этом автоматизация подбора различных режимов и параметров экстрагирования позволяет максимально сохранить биоактивные компоненты выжимок, повышая экономическую эффективность их утилизации. **Цель исследования.** Установление оптимальных температурных параметров экстракции биологически активных веществ из виноградных выжимок и создание программного обеспечения для прогнозирования их органолептических характеристик. **Объекты и методы исследования.** Биохимические (количественное определение кислотности, полифенольных соединений, витамина С, общего и редуцирующего сахаров), товароведческие (органолептическая оценка по параметрам внешний вид, аромат, вкус, цвет), функциональное моделирование, модульное и объектно-ориентированное программирование. **Результаты и обсуждение.** Установлен универсальный температурный оптимум экстракции 60°C для всех типов сырья, обеспечивающий максимальное качество экстрактов (средний балл 5,0). Отклонение от этого режима приводит к неполной экстракции (30-45°C) или термической деградации с появлением пригорелых тонов (85-100°C). При 60°C достигается баланс между экстракцией полифенолов/сахаров и сохранением термолабильного витамина С. Использование замороженных выжимок повышает сохранность биоактивных компонентов на 25-35% и снижает энергозатраты на 15-20%, что делает технологию экономически эффективной без модификации оборудования. Полученные в результате эксперимента результаты послужили источниками данных для разработки цифрового инструмента прогнозирования органолептических свойств экстрактов виноградных выжимок в зависимости от температурных параметров, а результаты компьютерного моделирования – для разработки алгоритма. Этот алгоритм учитывает начальную температуру экстрагента и режим обработки, позволяя оптимизировать технологический процесс и стандартизировать качество готовой продукции. Были выработаны функциональные требования к программному комплексу и осуществлена его программная реализация. **Заключение.** Полученные результаты позволяют создавать стабильный функциональный продукт с заданными органолептическими и физико-химическими характеристиками. Внедрение разрабо-

танного цифрового решения соответствует глобальной тенденции цифровизации пищевой промышленности. Инструмент демонстрирует практическую реализацию принципов «умного производства» за счет использования математических моделей для управления технологическими параметрами.

Ключевые слова: виноградные выжимки, экстракт, цифровой инструмент, алгоритм, программный комплекс, температура экстрагирования, органолептический показатель, физико-химический показатель

Для цитирования: Иванова Е.А., Бородихин А.С., Першакова Т.В. Моделирование и разработка цифрового инструмента для автоматизации расчета органолептических показателей экстракта выжимок винограда в зависимости от температуры экстрагирования. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 40-51. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-40-51>

Simulation and development of a digital tool for automating the calculation of organoleptic properties of grape pomace extract depending on the extraction temperature

Е.А. Иванова✉¹, А.С. Бородихин², Т.В. Першакова³

¹*Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin;
Krasnodar, the Russian Federation,
✉elena_is_kubagro@mail.ru*

²*The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking; Krasnodar,
the Russian Federation*

³*Kuban Institute of Professional Education; Krasnodar, the Russian Federation*

Abstract. Introduction. The development of functional beverages based on grape pomace is a promising area due to the proven effectiveness of preserving a complex of polyphenolic compounds and vitamins in them. At the same time, automation of the selection of various modes and parameters of extraction allows for the maximum preservation of the bioactive components of the pomace, increasing the cost-effectiveness of their utilization. **The goal of the research** is to establish optimal temperature parameters for the extraction of biologically active substances from grape pomace and creating software for predicting their organoleptic characteristics. **The objects and methods of the study.** Biochemical (quantitative determination of acidity, polyphenolic compounds, vitamin C, total and reducing sugars), commodity science (organoleptic assessment based on the parameters of appearance, aroma, taste, color), functional modeling, modular and object-oriented programming. **The results and discussion.** A universal optimum temperature for extraction of 60°C was established for all types of raw materials, ensuring the maximum quality of extracts (average score 5.0). Deviations from this temperature range resulted in incomplete extraction (30-45°C) or thermal degradation with the appearance of burnt tones (85-100°C). At 60°C, a balance was achieved between the extraction of polyphenols/sugars and the preservation of heat-labile vitamin C. The use of frozen pomace increased the preservation of bioactive components by 25-35% and reduced energy costs by 15-20%, making the technology cost-effective without equipment modification. The experimental results served as data for the development of a digital tool for predicting the organoleptic properties of grape pomace extracts depending on temperature parameters, and the results of computer modeling were used to develop an algorithm. The algorithm took into account the initial temperature of the extractant and the processing mode, allowing for process optimization and standardization of finished product quality. Functional requirements for the software package were developed, and its software implementation was implemented. **Conclusion.** The obtained results will enable the creation of a stable functional product with specified organoleptic and physicochemical characteristics. The implementation of the developed digital solution is in line with the global trend of digitalization in the food industry. The

tool demonstrates the practical implementation of “smart manufacturing” principles through the use of mathematical models to control process parameters.

Keywords: grape pomace, extract, digital tool, algorithm, software package, extraction temperature, organoleptic indicator, physicochemical indicator

For citation: Ivanova E.A., Borodikhin A.S., Pershakova T.V. Simulation and development of a digital tool for automating the calculation of organoleptic properties of grape pomace extract depending on the extraction temperature. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 40-51. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-40-51>

Введение. Виноградарство и виноделие – ключевые и динамично развивающиеся отрасли агропромышленного комплекса Краснодарского края. Благоприятные экологические условия региона позволяют выращивать столовые и технические сорта винограда различных сроков созревания с высокими качественными показателями.

Основными видами вторичного сырья в этих отраслях выступают некондиционный виноград, виноградные выжимки и гущевые осадки, содержащие значительное количество ценных компонентов. Доля таких отходов превышает 20% от общего объема перерабатываемого сырья, причем на выжимки приходится основная часть (20-25% от массы винограда) [1].

В настоящее время большинство специализированных предприятий по переработке винодельческих отходов прекратили деятельность. В результате около 80% выжимок складывается на открытых площадках вблизи производств или размещается на полях, что создает существенную экологическую нагрузку на территорию [2, 3].

Согласно данным исследования [4], виноградные выжимки представляют собой источник биологически ценных соединений, ключевыми из которых являются органические кислоты (с доминированием винной) и комплекс фенольных соединений.

Особое значение имеет высокая концентрация полифенолов, особенно в выжимках красных сортов винограда. Исследование [5] подтвердило антибактериальную эффективность экстрактов против патогенов *S. aureus*, *B. cereus* и *E. coli*.

Кроме того, выжимки содержат соединения, проявляющие ингибирующую актив-
Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

ность в отношении ферментов углеводного обмена, что определяет их потенциал для применения в профилактике диабета [6, 7].

Ряд исследований подтверждает антипролиферативную активность экстрактов виноградных выжимок. Valea и соавт. [8] установили, что экстракты ингибируют пролиферацию клеточных линий карциномы легкого и аденокарциномы молочной железы человека. В другом исследовании Spissu и соавт. [9] продемонстрировали снижение жизнеспособности метастатических клеток меланомы на 25-50% и подтвердили значительное подавление пролиферации клеток колоректального рака.

Таким образом, виноградные выжимки являются перспективным источником биологически активных соединений с доказанным потенциалом для применения в профилактике заболеваний и укреплении здоровья.

Извлечение ценных компонентов из этого сырья может осуществляться различными методами экстракции. В современной практике наряду с традиционными подходами активно развиваются и совершенствуются инновационные технологии.

К классическим методам относят пресование (горячее и холодное), водно-паровую дистилляцию, экстракцию органическими растворителями (перколяция, мацерация). Современные альтернативные методики включают ультразвуковую экстракцию, микроволновую экстракцию, ферментативный гидролиз, холодное прессование, в том числе с применением циклов замораживания-оттаивания [10, 11].

Исследование методов экстракции продолжает оставаться актуальным направлением. Renovato-Núñez и соавт. [12] провели

сравнительный анализ экстрактов, полученных методами мацерации, микроволновой и ультразвуковой обработки, с акцентом на содержание полифенолов и другие ключевые характеристики.

Эффективность различных подходов была продемонстрирована в работе Wani K.M. и др. [13], где установлено превосходство импульсного ультразвука над экстракцией горячей водой. Для извлечения термостабильных водорастворимых компонентов традиционно применяется непрерывная экстракция горячей водой по методу Сокслета [14].

Важным аспектом является модификация существующих методов. He Ch. и др. [15] описали методику полунепрерывной экстракции горячей водой под давлением, подчеркнув критическую роль выбора растворителя. В свою очередь, Chua L.S. и др. [16] экспериментально доказали, что предварительная ультразвуковая обработка сырья перед мацерацией значительно повышает выход фенольных соединений и антоцианов.

Ряд исследований посвящен применению физических методов для интенсификации процесса экстракции. В частности, Yuan J.F. и соавт. [17] изучили влияние микроволнового облучения на активность фермента β -глюкозидазы на этапе мацерации виноградного сырья.

Перспективным направлением является использование импульсного электрического поля, которое способствует улучшению экстракции, диффузии и прессования, одновременно минимизируя деградацию термостабильных соединений [18].

Классические подходы, основанные на селективности растворителей, также продолжают развиваться. Sharma, M. и др. [19] исследовали методы, позволяющие разделять биологически активные и инертные фракции растительного сырья в зависимости от их растворимости в различных средах.

Таким образом, существующие технологии переработки виноградных выжимок направлены на создание продуктов, сочета-

ющих высокую концентрацию биологически активных веществ с улучшенными органолептическими свойствами, соответствующими потребительским требованиям.

Однако следует отметить, что традиционные методы органолептического анализа требуют больших временных и материальных затрат на проведение серий экспериментов при различных температурных режимах. Цифровизация данного процесса позволит значительно сократить продолжительность исследований за счет прогнозирования результатов без натуральных испытаний.

Целью настоящего исследования является выявление оптимальных температурных режимов экстракции из виноградных выжимок сортов и разработка цифрового инструмента для автоматизированного расчета органолептических показателей экстракта в зависимости от температуры экстрагирования.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- проведение органолептического анализа полученных экстрактов с целью выявления исходных данных для компьютерного моделирования;
- установление корреляции между температурными параметрами экстракции и органолептическими характеристиками с целью использования полученных зависимостей в алгоритме цифрового инструмента;
- определение оптимальных параметров экстрагирования, обеспечивающих сохранение высоких органолептических свойств;
- разработка и описание функциональных требований к приложению;
- создание алгоритма обработки данных для автоматизированного расчета органолептических показателей экстракта в зависимости от температуры экстрагирования;
- программная реализация и апробация цифрового инструмента.

Объекты и методы. В качестве опытных образцов использовались выжимки

сортов винограда Анапа-Таманской подзоны Черноморской зоны виноградарства Краснодарского края Каберне Совиньон и Первенец Магарача: Каберне Совиньон (сладкие, замороженные); Первенец Магарача (сладкие, высушенные).

Органолептическую оценку экстрактов проводили по разработанной 5-балльной шкале, учитывающей следующие параметры: внешний вид и прозрачность, аромат (интенсивность и чистота), вкус (полнота букета и отсутствие посторонних тонов), цвет (интенсивность и оттенок). Анализ выполняла комиссия из пяти сертифицированных дегустаторов. Образцы кодировали и представляли в рандомизированном порядке при температуре $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Между тестированием различных проб соблюдали интервалы с использованием нейтрализаторов вкуса.

Физико-химический анализ включал определение:

- кислотности (ГОСТ 6687.4-86);
- массовой доли сухих веществ (ГОСТ 6687.2-90);

– содержания полифенолов колориметрическим методом с реактивом Фолина-Дениса [20];

– общего и редуцирующего сахаров (ГОСТ 8756.13-87) [86];

- витамина С (ГОСТ 24556-89).

Все эксперименты выполняли в трехкратной повторности.

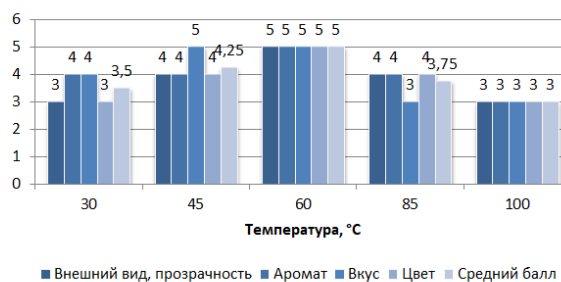
Экстракты готовили по унифицированной методике: навеску выжимок массой 20 г заливали 500 мл дистиллированной воды (гидромодуль 1:25). Для изучения температурной зависимости процесса экстрагирования проводили в течение 6 часов при гидромодуле 1:6, варьируя температуру в заданном диапазоне.

При разработке цифрового инструмента для расчета органолептических показателей экстракта виноградных выжимок в зависимости от температуры и времени экстрагирования использовались методы модульного и объектно-ориентированного программирования, а для разработки тре-

бований и функциональных возможностей – нотации языка функционального моделирования UML.

Результаты и обсуждение. По итогам подготовки исходных данных для моделирования процессов экстракции были получены результаты органолептической оценки, представленные на рисунке 1, а также оценены физико-химические показатели качества экстрактов, они приведены в таблице 1. По полученным значениям среднего балла органолептической оценки были выявлены и оценены зависимости (уравнения), которые легли в основу разработки алгоритма приложения.

Каберне Совиньон (сладкие, замороженные)



Первенец Магарача (сладкие, высушенные)

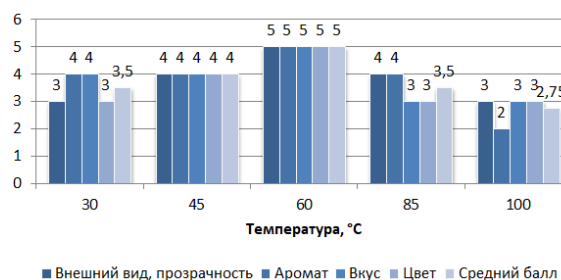


Рис. 1. Динамика изменения органолептических оценок экстрактов с ростом температуры экстрагирования
Fig. 1. Dynamic pattern in organoleptic assessments of extracts with increasing extraction temperature

Проведенный анализ показал, что температура 60°C является универсальным оптимумом экстракции для обоих типов сырья. При данном режиме достигается максимальный средний балл (5,0), свидетельствующий о сбалансированности органолептических характеристик.

Таблица 1. Физико-химические показатели экстрактов из виноградных выжимок, полученных при различных температурах экстрагирования

Table 1. Physical and chemical properties of grape pomace extracts obtained at different extraction temperatures

Образец	Температура, °С	Наименование показателя					
		Кислотность, %	Растворимые сухие вещества, %	Полифенольные вещества, мг/100 г	Витамин С, мг/100 г	Массовая доля сахаров, %	
						общ.	редуц.
Каберне Совиньон (сладкие, замороженные)	30	0,4±0,01	5,2±0,5	241,27±9,11	3,2±0,09	4,4±0,3	3,8±0,3
	45	0,4±0,01	6,0±0,5	286,74±12,10	3,8±0,11	5,2±0,3	4,0±0,3
	60	0,4±0,01	6,4±0,5	315,40±14,18	4,4±0,13	5,6±0,3	4,2±0,3
	85	0,5±0,01	6,9±0,5	384,37±15,58	2,7±0,08	6,1±0,3	5,3±0,3
	100	0,5±0,01	7,2±0,5	397,51±15,64	2,2±0,06	6,4±0,3	5,8±0,3
Первенец Мадарага (сладкие, высушенные)	30	0,2±0,01	3,8±0,5	115,89±5,05	1,3±0,04	3,0±0,3	2,4±0,3
	45	0,3±0,01	4,2±0,5	134,90±5,33	1,8±0,05	3,4±0,3	2,5±0,3
	60	0,3±0,01	4,8±0,5	151,02±6,19	2,7±0,08	4,0±0,3	3,2±0,3
	85	0,4±0,01	5,4±0,5	175,70±7,43	0,6±0,02	4,6±0,3	4,0±0,3
	100	0,4±0,01	5,7±0,5	202,48±9,79	0,3±0,01	4,9±0,3	4,3±0,3

Отклонение от оптимальной температуры в любую сторону приводит к ухудшению качества экстрактов. При низкотемпературной обработке (30-45 °С) наблюдается неполная экстракция вкусоароматических веществ, тогда как высокотемпературные режимы (85-100 °С) вызывают термическую деградацию – разрушение ароматических соединений и активацию реакций Майяра, что проявляется в виде нежелательных «пригорелых» тонов. Наибольшее ухудшение органолептических свойств зафиксировано при экстракции при 100 °С.

Исследование температурной зависимости физико-химических показателей экстрактов позволило установить следующие закономерности.

Для большинства параметров (кислотность, концентрация сухих веществ, полифенолов и сахаров) наблюдается монотонный рост при повышении температуры от 30°С до 100°С, что обусловлено интенсификацией диффузии и деструкцией клеточных стенок. Исключением является витамин С: содержание аскорбиновой кислоты достигает максимума при 60°С с последующим резким снижением вследствие термического разложения, подтверждающего термоллабильность данного соединения.

Экстракты из замороженных выжимок демонстрируют статистически значимое превосходство по физико-химическим пока-

зателям над образцами из высушенного сырья. Это свидетельствует о том, что криоконсервация обеспечивает лучшую сохранность биохимического потенциала сырья. Дополнительным преимуществом замороженных выжимок является их повышенная устойчивость к термической деградации при экстремальных температурных воздействиях.

Установлено, что температурный режим 60°С представляет собой оптимальный баланс между эффективностью экстракции и сохранностью ценных компонентов. Такая температура обеспечивает максимальное извлечение полифенолов и сахаров, минимальные потери термоллабильных соединений (в частности, витамина С) и оптимальные органолептические характеристики.

Применение данного режима позволяет достичь следующих технологических преимуществ:

- увеличение выхода целевых биологически активных веществ на 25-35%;
- улучшение органолептических показателей на 20-25%;
- снижение энергозатрат процесса на 15-20%;
- обеспечение стабильности качества готового продукта.

Реализация температурного оптимума 60°С представляет собой экономически эффективное решение, не требующее моди-

фикации оборудования. Сочетание данного режима с использованием замороженных выжимок обеспечивает максимальное сохранение химического и сенсорного потенциала готового продукта.

Полученные в результате эксперимента данные легли в основу разработки авторского цифрового инструмента «Автоматизированный расчет органолептических показателей экстракта выжимок винограда в зависимости от температуры экстрагирования». Он предназначен для прогнозирования органолептических показателей напитков, производимых методом водной экстракции из виноградных выжимок. Приложение позволяет автоматизировать расчет качества экстрактов, обогащенных биологически активными веществами, с учетом начальной температуры экстрагента и режима экстракции. Инструмент направлен на оптимизацию технологических параметров для достижения максимальных качественных характеристик готовой продукции.

Целевой аудиторией программного решения являются технологи и проектировщики предприятий пищевой промышленности.

Основные характеристики приложения: тип ЭВМ – IBM PC - совместимый; язык программирования: Object Pascal (Lazarus); операционные системы: Windows 7, Windows 10, Windows 11. Функциональные требования к разработке можно представить в нотации UML в виде диаграммы вариантов использования (Use-Case). Она показана на рисунке 2.

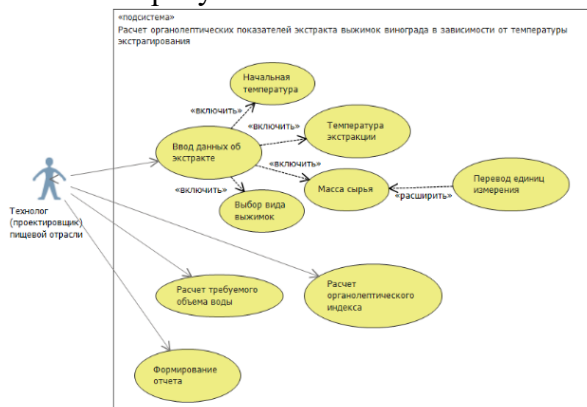


Рис. 2. Функционал приложения
Fig. 2. Application functionality

Основным пользователем (актером) системы выступает технолог (или проектировщик) пищевого производства. В его распоряжении находятся следующие функции:

- ввод исходных параметров экстракции: начальная температура, температура процесса, масса сырья, а также выбор сорта виноградных выжимок. Для массы предусмотрена возможность указания единиц измерения (граммы, килограммы, тонны) с автоматической конвертацией в граммы;
- расчет интегрального органолептического индекса на основе оценок цвета, вкуса и аромата по 5-балльной шкале;
- определение требуемого объема воды для экстракции;
- формирование итогового отчета с краткими технологическими рекомендациями.

Алгоритм работы системы основан на регрессионных моделях, полученных на предыдущих этапах исследования [21]. Общая схема алгоритма представлена на рисунке 3.

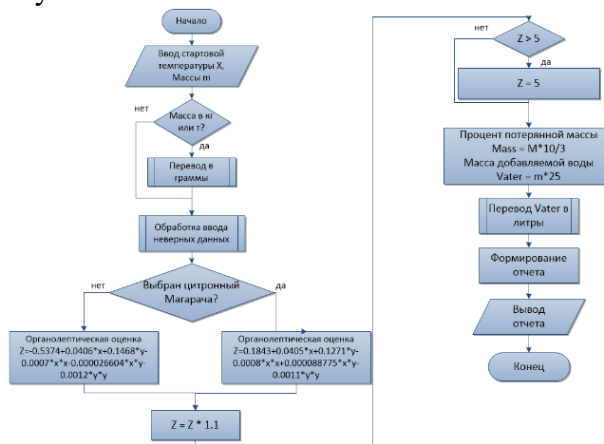


Рис. 3. Блок-схема алгоритма приложения
Fig. 3. Flowchart of the application algorithm

Для запуска цифрового инструмента необходимо выполнить файл УМКЭкстракция2024.exe. В стартовом интерфейсе приложения (рис. 4) размещены следующие элементы:

- поля ввода исходных параметров;
- краткое руководство пользователя;
- референс-изображение виноградных выжимок;
- QR-код для перехода на сайт разработчика.

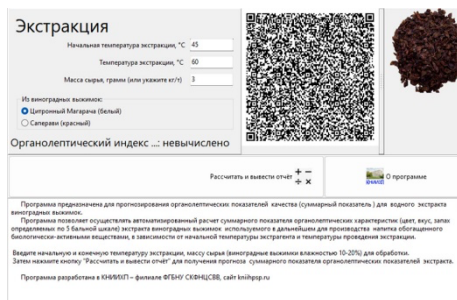


Рис. 4. Стартовое окно приложения
Fig. 4. Application launch window

Процедура расчета включает задание начальной и конечной температуры экстракции, указание массы сырья (влажность 10-20%), активацию функции «Рассчитать и вывести отчет». Результаты в виде интегральной оценки органолептических свойств выводятся в текстовом поле нижней части интерфейса. Примеры работы системы представлены на рисунках 5 и 6.

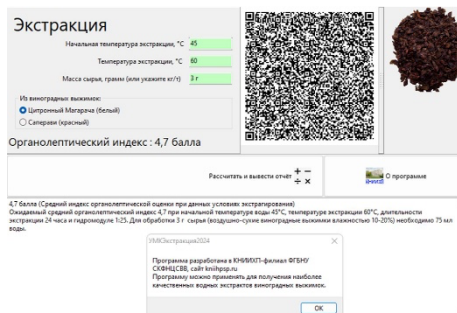


Рис. 5. Пример расчета 1
Fig. 5. Calculation example 1

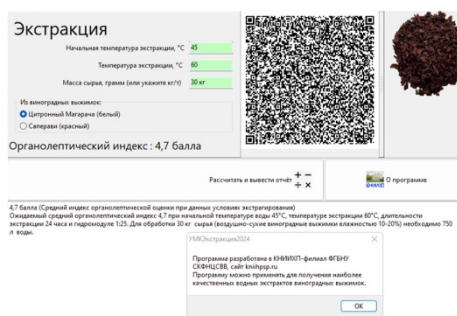


Рис. 6. Пример расчета 2
Fig. 6. Calculation example 2

Заключение. Результаты работы демонстрируют, что температурный фактор является одним из ключевых параметров, определяющих органолептические показатели экстрактов, полученных из виноградных выжимков.

Поддержание температуры экстракции на уровне 60°C представляет собой оптимальное технологическое решение, обеспечивающее рентабельность производства без необходимости модернизации оборудования. Применение замороженных выжимок в указанном режиме позволяет максимально сохранить биохимический состав и органолептические характеристики готового продукта.

Создание специализированного программного обеспечения для расчета органолептических показателей полностью отвечает потребностям современных предприятий в точном управлении качеством. Инструмент позволит технологическим службам оперативно определять оптимальные параметры экстрагирования, что особенно важно при работе с нестабильным по составу растительным сырьем. Также разработанное приложение устраняет субъективный фактор при оценке органолептических свойств, обеспечивая воспроизводимость результатов. Это особенно значимо для пищевой промышленности, где соблюдение стабильных характеристик продукции является критически важным параметром.

В целом, практическая реализация моделей, связывающих физико-химические параметры с сенсорными характеристиками продукта, полностью соответствует современным трендам создания «цифровых двойников» технологических процессов для предиктивного управления качеством.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология производства винодельческой продукции с использованием вторичных продуктов / Шелудько О.Н. [и др.] // Передовые исследования Кубани: сборник материалов Ежегодной отчетной конференции грантодержателей Кубанского научного фонда. Краснодар, 2023. С. 119-123. EDN: GDSEMR.
2. Современное состояние производства пищевых волокон из виноградных выжимок / Тихонова А.Н. [и др.] // Современные научные исследования: актуальные теории и концепции: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. М.: Олимп, 2016. С. 59-61. EDN: WXXQOL.
3. Чекмарева М.Г., Егян М.А. Технология комплексной переработки виноградной выжимки с получением энораспителя и комплекса пищевых органических кислот // Актуальные проблемы науки и техники: материалы национальной научно-практической конференции. Ростов н/Д, 2020. С. 1672-1673. EDN: STOYLG.
4. Tikhonova A., Ageeva N., Globa E. Grape pomace as a promising source of biologically valuable components // *Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture: International Scientific Conference (BIOLOGIZATION)*. 2021. № 34. P. 6. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20213406002>.
5. Byproducts as Precious Resource of Natural Antimicrobials: In Vitro Antibacterial and Antibiofilm Activity of Grape Pomace Extracts against Foodborne Pathogens / Sateriale D. [et al.] // *Microorganisms*. 2024. № 12 (3). P. 437. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12030437>.
6. Potential anti-diabetic properties of Merlot grape pomace extract: An in vitro, in silico and in vivo study of α -amylase and α -glucosidase inhibition / Kato-Schwartz C.G. [et al.] // *Food Research International*. 2020. № 137. P. 109462. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109462>.
7. The Antidiabetic Effect of Grape Pomace Polysaccharide-Polyphenol Complexes / Campos F. [et al.] // *Nutrients*. 2021. № 13. P. 4495. <https://doi.org/10.3390/nu13124495>.
8. Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative effects of the *Vitis vinifera* L. var. Fetească Neagră and Pinot Noir pomace extracts / Balea S.S. [et al.] // *Front. Pharmacol.* 2020. № 11. P. 990. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00990>.
9. Anti- and Pro-Oxidant Activity of Polyphenols Extracts of Syrah and Chardonnay Grapevine Pomaces on Melanoma Cancer Cells / Spissu Y. [et al.] // *Antioxidants*. 2023. № 12. P. 80. <https://doi.org/10.3390/antiox12010080>.
10. Мусифулина В.М., Омаров М.М. Сравнительная характеристика методов экстрагирования растительного сырья // *Вестник Инновационного Евразийского университета*. 2021. № 4 (84). С. 107-112. <https://doi.org/10.37788/2021-4/107-112>. EDN: FDDRXH.
11. Environmentally friendly swift and perfect extraction procedures for analysing the phytochemistry and proximate nutritional biochemistry of biomaterial processed from *Avicennia marina* leaves / Thamizharasan S. [et al.] // *Natural Product Research*. 2024. P. 1-10. <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2349805>.
12. Polyphenolic characterisation and antiprotozoal effect of extracts obtained by maceration, ultrasound, microwave and ultrasound/microwave of *Porophyllum ruderale*. (Jacq.) / Renovato-Núñez J. [et al.] // *Natural Product Research*. 2024. P. 1-5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2265532>.
13. Wani K.M., Uppaluri R.V.S. Comparative efficacy of ultrasound-assisted and hot water extraction of papaya leaves // *Journal of Herbal Medicine*. 2023. № 42. P. 100809. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100809>.
14. Recent trends in extraction of plant bioactives using green technologies: A review / Kumar M. [et al.] // *Food Chemistry*. 2021. № 353. P. 129431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129431>.
15. Semi-continuous pressurized hot water extraction of black tea / He Ch. [et al.] // *Journal of Food Engineering*. 2018. № 227. P. 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.02.001>.
16. Chua L.S., Wahab N.S.A., Soo J. Water soluble phenolics, flavonoids and anthocyanins extracted from jaboticaba berries using maceration with ultrasonic pretreatment // *Food Chemistry Advances*. 2023. № 3. P. 100387. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100387>.

17. Microwave irradiation: Effect of β -glucosidase activity by modulating its structural properties in grape maceration stage / Yuan J.F. [et al.] // *LWT*. 2024. № 191. P. 115650. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115650>.
18. Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization / Sagar N.A. [et al.] // *Comprehensive reviews in food science and food safety*. 2018. № 17 (3). P. 512-531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>.
19. Sharma M., Kaushik P. Vegetable phytochemicals: An update on extraction and analysis techniques // *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2021. № 36. P. 102149. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102149>.
20. Николаева Т.Н., Лапшин П.В., Загоскина Н.В. Метод определения суммарного содержания фенольных соединений в растительных экстрактах с реактивом Фолина-Дениса и реактивом Фолина-Чокальтеу: модификация и сравнение // *Химия растительного сырья*. 2021. № 2. С. 291-299. DOI: 10.14258/jcrpm.2021028250.
21. Исследование влияния температуры экстрагирования виноградных выжимок на органолептические показатели экстрактов / Першакова Т.В. [и др.] // *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2025. № 92. С. 42-56. DOI: 10.31360/2225-3068-2025-92-42-57.

REFERENCES

1. Technology of wine production using by-products / Sheludko O.N. [et al.] // *Advanced research of Kuban: collection of materials of the Annual reporting conference of grant holders of the Kuban Science Foundation*. Krasnodar, 2023. P. 119-123. EDN: GDSEMR. [In Russ.]
2. Current state of production of dietary fiber from grape pomace / Tikhonova A.N. [et al.] // *Modern scientific research: current theories and concepts: collection of materials of the XIV International scientific and practical conference*. Moscow: Olimp, 2016. P. 59-61. EDN: WXXQOL. [In Russ.]
3. Chekmareva, M.G., Egyan, M.A. Technology of complex processing of grape pomace to obtain grape skin extract and a complex of food organic acids // *Actual problems of science and technology: materials of the national scientific and practical conference*. Rostov n/d, 2020. P. 1672-1673. EDN: STOYLG. [In Russ.]
4. Tikhonova, A., Ageeva, N., Globa, E. Grape pomace as a promising source of biologically valuable components // *Biologization of the Intensification Processes in Horticulture and Viticulture: International Scientific Conference (BIOLOGIZATION)*. 2021. No. 34. P. 6. <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20213406002>. [In Russ.]
5. Byproducts as Precious Resource of Natural Antimicrobials: In Vitro Antibacterial and Antibiofilm Activity of Grape Pomace Extracts against Foodborne Pathogens / Sateriale D. [et al.] // *Microorganisms*. 2024. No. 12 (3). P. 437. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12030437>.
6. Potential anti-diabetic properties of Merlot grape pomace extract: An in vitro, in silico and in vivo study of α -amylase and α -glucosidase inhibition / Kato-Schwartz C.G. [et al.] // *Food Research International*. 2020. No. 137. P. 109462. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109462>.
7. The Antidiabetic Effect of Grape Pomace Polysaccharide-Polyphenol Complexes / Campos F. [et al.] // *Nutrients*. 2021. No. 13. P. 4495. <https://doi.org/10.3390/nu13124495>.
8. Antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative effects of the *Vitis vinifera* L. var. Fetească Neagră and Pinot Noir pomace extracts / Balea S.S. [et al.] // *Front. Pharmacol.* 2020. No. 11. P. 990. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00990>.
9. Anti- and Pro-Oxidant Activity of Polyphenols Extracts of Syrah and Chardonnay Grapevine Pomaces on Melanoma Cancer Cells / Spissu Y. [et al.] // *Antioxidants*. 2023. No. 12. P. 80. <https://doi.org/10.3390/antiox12010080>.
10. Musifulina, V.M., Omarov, M.M. Comparative characteristics of plant raw material extraction methods // *Bulletin of the Innovative University of Eurasia*. 2021. Issue 4 (84). P. 107-112. <https://doi.org/10.37788/2021-4/107-112>. EDN: FDDRXH. [In Russ.]
11. Environmentally friendly swift and perfect extraction procedures for analyzing the phytochemistry and proximate nutritional biochemistry of biomaterial processed from *Avicennia marina* leaves /

Thamizharasan S. [et al.] // Natural Product Research. 2024. P. 1-10. <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2349805>. [In Russ.]

12. Polyphenolic characterization and antiprotozoal effect of extracts obtained by maceration, ultrasound, microwave and ultrasound/microwave of *Porophyllum ruderale*. (Jacq.) / Renovato-Núñez J. [et al.] // Natural Product Research. 2024. P. 1-5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2265532>.

13. Wani K.M., Uppaluri R.V.S. Comparative efficacy of ultrasound-assisted and hot water extraction of papaya leaves // Journal of Herbal Medicine. 2023. No. 42. P. 100809. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100809>.

14. Recent trends in extraction of plant bioactives using green technologies: A review / Kumar M. [et al.] // Food Chemistry. 2021. No. 353. P. 129431. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129431>.

15. Semi-continuous pressurized hot water extraction of black tea / He Ch. [et al.] // Journal of Food Engineering. 2018. No. 227. P. 30-41. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.02.001>.

16. Chua L.S., Wahab N.S.A., Soo J. Water soluble phenolics, flavonoids and anthocyanins extracted from jaboticaba berries using maceration with ultrasonic pretreatment // Food Chemistry Advances. 2023. No. 3. P. 100387. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100387>.

17. Microwave irradiation: Effect of β -glucosidase activity by modulating its structural properties in grape maceration stage / Yuan J.F. [et al.] // LWT. 2024. No. 191. P. 115650. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115650>.

18. Fruit and vegetable waste: Bioactive compounds, their extraction, and possible utilization / Sagar N.A. [et al.] // Comprehensive reviews in food science and food safety. 2018. No. 17 (3). P. 512-531. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12330>.

19. Sharma M., Kaushik P. Vegetable phytochemicals: An update on extraction and analysis techniques // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2021. No. 36. P. 102149. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102149>.

20. Nikolaeva, T.N., Lapshin, P.V., Zagorskina, N.V. Method for determination of total content of phenolic compounds in plant extracts with Folin-Denis reagent and Folin-Ciocalteu reagent: modification and comparison // Chemistry plant raw materials. 2021. Issue 2. P. 291-299. DOI: 10.14258/jcprm.2021028250. [In Russ.]

21. Study of the influence of grape pomace extraction temperature on the organoleptic properties of extracts / Pershakova T.V. [et al.] // Subtropical and ornamental gardening. 2025. Issue 92. P. 42-56. DOI: 10.31360/2225-3068-2025-92-42-57. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Иванова Елена Александровна, старший преподаватель кафедры системного анализа и обработки информации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица им. Калинина, дом 13. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7762>, e-mail: elena_is_kubagro@mail.ru

Бородихин Александр Сергеевич, научный сотрудник, «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Тополиная аллея, 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9904-8458>, e-mail: kniihpsp@kubannet.ru

Першакова Татьяна Викторовна, доктор техн. наук, доцент, профессор, автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Кубанский институт профессионального образования»; 350042, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Садовая, 218, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8528-0966>, e-mail: 7999997@inbox.ru

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

Elena A. Ivanova, Senior Lecturer, Department of Systems Analysis and Information Processing, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-7762>, e-mail: elena_is_kubagro@mail.ru

Alexandr S. Borodikhin, Researcher, Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, and Winemaking; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Topolinaya Alley, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9904-8458>, e-mail: kniihpsp@kubannet.ru

Tatiana V. Pershakova, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor, Kuban Institute of Professional Education; 350042, the Russian Federation, Krasnodar, 218 Sadovaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8528-0966>, e-mail: 7999997@inbox.ru

Заявленный вклад соавторов

Иванова Елена Александровна – оформление статьи по требованиям журнала, валидация данных, описание цифрового инструмента.

Бородихин Александр Сергеевич – разработка цифрового инструмента.

Першакова Татьяна Викторовна – подбор литературных источников, разработка методики исследования, проведение экспериментов.

Claimed contribution of the authors

Elena A. Ivanova – article formatting according to the Journal requirements, data validation, digital tool description.

Alexander S. Borodikhin – digital tool development.

Tatyana V. Pershakova – literature selection, research methodology development, and experimentation.

Поступила в редакцию 29.10.2025

Поступила после рецензирования 27.11.2025

Принята к публикации 28.11.2025

Received 29.10.2025

Revised 27.11.2025

Accepted 28.11.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-52-60>

УДК 663.8:613.292:641.51



Разработка рецептуры овсяного киселя функционального назначения

Т.Б. Колотий✉, З.Н. Хатко, Л.А. Мартынка, Т.А. Белявцева

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

г. Майкоп, Российская Федерация,

✉tatyana.kolotij@yandex.ru

Аннотация. Введение. В настоящее время все более актуальным становится производство функциональных напитков, которые улучшают физиологические процессы в организме, повышают иммунитет. Они предназначены для всех групп населения и рекомендованы для ежедневного питания. В рамках реализации и поддержки национальных традиций в структуре питания человека возникает необходимость разработки пищевых продуктов, в том числе напитков, способствующих формированию и развитию здорового типа питания [1, 2]. **Цель исследования.** Разработка рецептуры овсяного киселя функционального назначения. **Объекты и методы исследования.** Объекты исследования – овсяный кисель (контрольный образец), с добавлением пектина; коллагена; пектин-коллагеновой комбинации; пюре из фруктов дикорастущих растений; экстракта из фруктов дикорастущих растений. **Методы.** Исследование органолептических и физико-химических свойств овсяного киселя с добавлением пектина, коллагена и фруктов дикорастущих растений проводили по общепринятым методикам. Для оценки качественных показателей овсяного киселя с функциональными ингредиентами проведена дегустация напитка. **Результаты.** Сконструированы рецептуры овсяного киселя с направленными функциональными свойствами, определены органолептические и физико-химические свойства овсяного киселя с добавлением пектина, коллагена и фруктов дикорастущих растений, проведена дегустационная оценка овсяного киселя функционального назначения. **Заключение.** Экспериментально установлено, что оптимальная дозировка в рецептуре овсяного киселя – пектина 15%, коллагена – 10%, пектин-коллагеновой комбинации – 10%, пюре из шиповника, кизила и облепихи – 25 % и экстракта из шиповника, кизила и облепихи – 25 %.

Ключевые слова: овсяный кисель, пектин, коллаген, пюре, экстракт, шиповник, кизил, облепиха, функциональный напиток, витамин С

Для цитирования: Колотий Т.Б., Хатко З.Н., Мартынка Л.А., Белявцева Т.А. Разработка рецептуры овсяного киселя функционального назначения. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 52-60. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-52-60>

Development of functional oatmeal jelly formulation

T.B. Kolotiy ✉, Z.N. Khatko, L.A. Martynko, T.A. Belyavtseva

Maikop State Technological University; Maikop, the Russian Federation,

✉tatyana.kolotij@yandex.ru

Abstract. Introduction. Currently, the production of functional beverages that improve physiological processes in the body and boost immunity is becoming increasingly popular. They are intended for all population groups and are recommended for daily nutrition. In the context of implementing and supporting national traditions in the human diet, there is a need to develop food products, including beverages, that promote the formation and development of a healthy diet [1, 2]. The goal of the research is to develop

© Т.Б. Колотий, З.Н. Хатко, Л.А. Мартынка, Т.А. Белявцева, 2025

a formulation for functional oatmeal jelly. **The objects and methods of the research.** The object of the research is oatmeal jelly (control sample) with added pectin; collagen; pectin-collagen combination; puree from wild fruits; extract from wild fruits. **The methods.** The organoleptic and physicochemical properties of oat jelly with the addition of pectin, collagen and wild fruits were studied using generally accepted methods. To evaluate the quality indicators of oat jelly with functional ingredients, a tasting of the drink was conducted. **The results.** Recipes for oat jelly with targeted functional properties were developed, the organoleptic and physicochemical properties of oat jelly with the addition of pectin, collagen and wild fruits were determined, and a tasting evaluation of the functional oat jelly was carried out. **Conclusion.** Experiments have shown that the optimal dosage for oatmeal jelly is 15% pectin, 10% collagen, 10% pectin-collagen combination, 25% rosehip, dogwood, and sea buckthorn puree, and 25% rosehip, dogwood, and sea buckthorn extract.

Keywords: oatmeal jelly, pectin, collagen, puree, extract, rosehip, dogwood, sea buckthorn, functional drink, vitamin C

For citation: Kolotiy T.B., Khatko Z.N., Martynko L.A., Belyavtseva T.A., Development of a functional oatmeal jelly formulation. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 52-60. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-52-60>

Введение. Разработка рецептур новых овсяных киселей с использованием пектина, коллагена и фруктов дикорастущих растений, которые содержат большое количество незаменимых аминокислот, клетчатки, витаминов, макро- и микроэлементов, является одним из возможных путей для улучшения питания населения [3, 4].

Овсяный кисель – лечебный напиток на основе овсяной крупы или хлопьев. Полезные свойства овсяного киселя основаны на способности овса (главного ингредиента) регулировать работу внутренних органов и предупреждать развитие многих заболеваний, включая острые сосудистые заболевания и онкопатологии [5, 6].

Овсяный кисель признан официальной медициной самым легко усвояемым продуктом, поэтому он рекомендуется для употребления после операций на желудке, поджелудочной железе и других органах пищеварения. Благодаря пройденной ферментации белки и углеводы в его составе максимально легко усваиваются [7, 8, 9].

Цель работы. Разработка рецептуры овсяного киселя функционального назначения.

Задачи:

- конструирование рецептуры овсяного киселя функционального назначения;
- анализ органолептических показателей качества, построение органолептических

ских профилей и выбор оптимального варианта овсяного киселя функционального назначения;

- анализ физико-химических показателей овсяного киселя функционального назначения для подтверждения функционального назначения разработанных вариантов напитка.

Объекты исследования. Овсяный кисель (контрольный образец), с добавлением пектина; коллагена; пектин-коллагеновой комбинации; пюре из фруктов дикорастущих растений; экстракта из фруктов дикорастущих растений.

Исследование органолептических и физико-химических свойств овсяного киселя с добавлением пектина, коллагена и фруктов дикорастущих растений проводили по общепринятым методикам. Оценка органолептических показателей овсяных киселей проводилась на базе лаборатории кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания ФГБОУ ВО «МГТУ». Оценка физико-химических показателей овсяных киселей проводилась на базе Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителя и защиты прав человека по Республике Адыгея ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Адыгея».

Для оценки органолептических показателей овсяного киселя с функциональными

ингредиентами проведена дегустация напитка.

Овсяный кисель представляет собой смесь двух продуктов: овса и воды. Для приготовления можно использовать как измельченные хлопья или муку, так и зёрна этого злака. Зерна, хлопья или муку заливают водой для заквашивания, чтобы сырье окислилось. Процесс заквашивания придает продукту дополнительные свойства [10, 11].

Для получения нового напитка с функциональной направленностью в качестве базовой принята классическая рецептура овсяного киселя (табл. 1).

Таблица 1. Базовая рецептура овсяного киселя

Наименование сырья и продуктов	Расход сырья и продуктов на 1 порцию, г	
	Брутто	Нетто
Хлопья овсяные «Геркулес»	200	200
Вода	600	600
Вес полуфабриката	-	800
Выход	-	200

В данной работе осуществлена оптимизация базовой рецептуры овсяного киселя за счет внесения в кисель функциональных компонентов по вариантам: пектина, коллагена, пектин-коллагеновой комбинации и фруктов дикорастущих растений в виде пюре и экстракта. Это позволяет варьировать его профилактическую направленность [12, 13].

Подбор соотношений ингредиентов овсяных киселей позволил сконструировать рецептуры с направленными функциональными свойствами (табл. 2).

Сочетание овсяного концентрата с функциональными наполнителями позволяет получать вкусные, малокалорийные, но полезные напитки для профилактики желудочно-кишечных заболеваний, усиления иммунной защиты организма.

Проведен органолептический и физико-химический анализ качества полученных овсяных киселей.

Внешний вид, консистенция, цвет, запах, вкус, состав обуславливают органолептическую ценность пищевых продуктов. Повышают аппетит и лучше усваиваются опти-

мальные по внешнему виду овсяные кисели из высококачественного сырья, т.к. в них больше биологически активных веществ [14].

Таблица 2. Состав разработанных овсяных киселей и их функциональное назначение

Table 2. Composition of the developed oatmeal jelly and their functional purpose

Состав напитка	Функциональное назначение
Хлопья овсяные «Геркулес» Вода	Обладает антиоксидантными и противовоспалительными свойствами, богат растворимой клетчаткой.
Хлопья овсяные «Геркулес» Вода Пектин	Обладает детоксицирующими, антибактериальными и антиоксидантными свойствами. Помогает снижать уровень холестерина в крови. Благодаря своей влагоудерживающей способности пектины улучшают текстуру пищи.
Хлопья овсяные «Геркулес» Вода Коллаген	Является ценным источником белка, который способствует поддержанию здоровья кожи, волос и ногтей. Поддерживает здоровье суставов, способствуя восстановлению хрящевой ткани и снижая воспалительные процессы. Обладает антибактериальными и сорбционными свойствами.
Хлопья овсяные «Геркулес» Вода Пектин-коллагеновая комбинация	Обладает сорбционными, антибактериальными и антиоксидантными свойствами. Является эффективным средством для замедления процессов старения и улучшения общего состояния организма.
Хлопья овсяные «Геркулес» Вода Экстракты (пюре) из фруктов (шиповник, кизил, облепиха)	Оказывает общеукрепляющее, детоксицирующее, бактерицидное, адаптогенное, иммуномоделирующее действие. Применяют при простудных и инфекционных заболеваниях, при лечении авитаминозов. Применяют при лечении желудочно-кишечных заболеваний, заболеваний почек и мочевого пузыря. Богат такими витаминами и минеральными веществами, как витамин С, В ₁ , магний, фосфор.

Дегустация овсяных киселей и оценка их качества проводилась по 5-балльной шкале. Органолептические профили овсяных киселей по вариантам представлены на рис. 1-6.

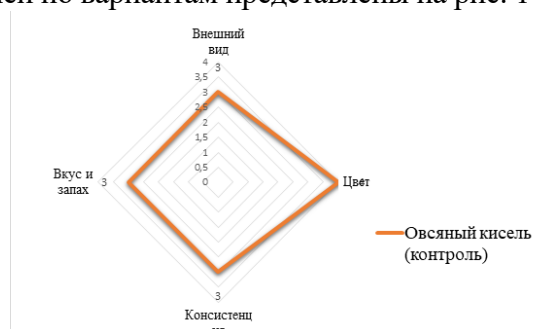


Рис. 1. Органолептический профиль овсяного киселя

Fig. 1. Organoleptic profile of oatmeal jelly

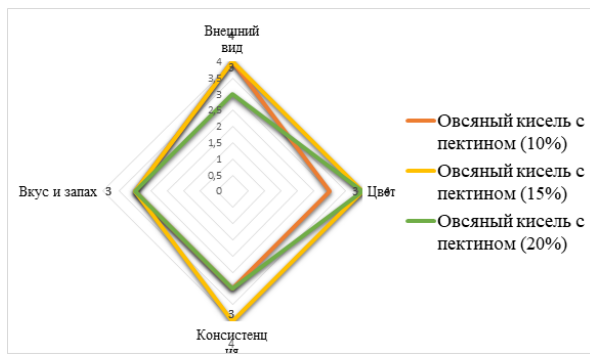


Рис. 2. Органолептический профиль овсяного киселя с различными дозировками пектина
Fig. 2. Organoleptic profile of oatmeal jelly with different dosages of pectin

Анализ данных (рис. 2) показывает, что овсяный кисель с дозировкой пектина 15% имеет более высокие показатели дегустационной оценки, чем остальные овсяные кисели с дозировкой пектина 10% и 20%.

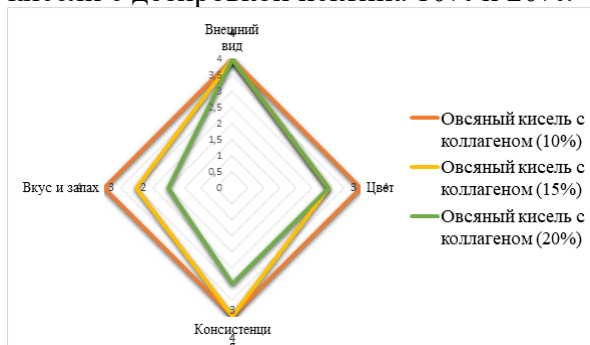


Рис. 3. Органолептический профиль овсяного киселя с различными дозировками коллагена
Fig. 3. Organoleptic profile of oatmeal jelly with different dosages of collagen

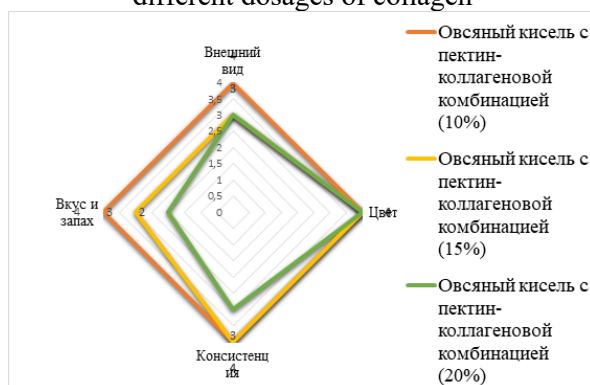


Рис. 4. Органолептический профиль овсяного киселя с различными дозировками пектин-коллагеновой комбинации
Fig. 4. Organoleptic profile of oatmeal jelly with different dosages of pectin-collagen combination

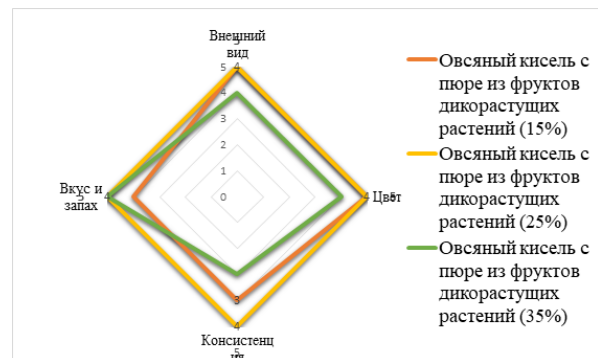


Рис. 5. Органолептический профиль овсяного киселя с различными дозировками пюре из шиповника, кизила и облепихи
Fig. 5. Organoleptic profile of oatmeal jelly with different dosages of rosehip, dogwood and sea buckthorn puree

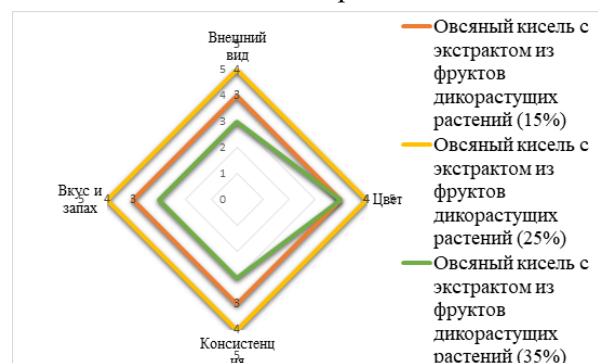


Рис. 6. Органолептический профиль овсяного киселя с различными дозировками экстракта из шиповника, кизила и облепихи
Fig. 6. Organoleptic profile of oatmeal jelly with different dosages of rosehip, dogwood and sea buckthorn extract

Как показывают данные (рис. 5 и 6), лучшим является овсяный кисель с дозировкой пюре из шиповника, кизила и облепихи – 25% и экстракта из шиповника, кизила и облепихи – 25%. У данного киселя отмечены наиболее приятные вкусовые характеристики и привлекательный внешний вид.

При увеличении концентрации пектина и коллагена вязкость овсяного киселя заметно увеличивается. Внесение в разных дозировках функциональных ингредиентов сильно влияет на органолептические показатели получаемых напитков. Выбранный диапазон вносимых ингредиентов обеспечивает напитку предъявляемые требования.

Результаты органолептической оценки показали, что вкус у напитков с оптимальными дозировками пектина, коллагена, пюре и экстракта из шиповника, кизила и облепихи был более выраженным, гармоничным, по сравнению с контролем.

Физико-химические показатели овсяных киселей (массовая доля сухих веществ и кислотность) приведены на рис. 7 и 8.



Рис. 7. Массовая доля сухих веществ овсяных киселей

Fig. 7. Mass fraction of dry matter of oatmeal jelly

Данные (рис. 7) показывают, что в исследуемых овсяных киселях массовая доля сухих веществ варьирует от 1,0 до 4,3 %. У овсяных киселей с пектином, коллагеном и пектин-коллагеновой комбинацией она изменяется от 1,7 до 1,9%; с пюре шиповника, кизила и облепихи – от 3,8 до 4,3%; с экстрактами шиповника, кизила и облепихи – от 3,0 до 4,1%. Массовая доля сухих веществ в киселе с использованием пюре выше, чем в киселе с экстрактом.



Рис. 8. Кислотность овсяных киселей

Fig. 8. Acidity of oatmeal jelly

Данные (рис. 8) показывают, что в исследуемых овсяных киселях кислотность

варьирует от 2,80 до 4,29 pH. У овсяных киселей с пектином, коллагеном и пектин-коллагеновой комбинацией она изменяется от 2,90 до 3,10 pH; с пюре – от 3,39 до 4,29 pH; с экстрактами она изменяется от 3,82 до 4,22 pH. У плодово-ягодных киселей кислотность от 3,75 до 4,0 pH. Что свидетельствует о сопоставимости кислотности овсяных киселей с наполнителями.

Содержание витамина С в овсяных киселях представлено в таблице 3.

Таблица 3. Содержание витамина С в овсяных киселях

Table 3. Vitamin C content in oatmeal jelly

№	Наименование	Значение, мг/дм ³
	Овсяный кисель (контроль)	менее 5
1.	Овсяный кисель: пектин	менее 5
2.	Овсяный кисель: коллаген	менее 5
3.	Овсяный кисель: пюре из шиповника, кизила и облепихи	30,71±6,14
4.	Овсяный кисель: экстракт из шиповника, кизила и облепихи	8,30±1,66

Данные (табл. 3) показывают, что содержание витамина С в образцах напитков изменяется от менее 5 до 30,71 мг/дм³, при этом меньше всего содержится (менее 5 мг/дм³) в овсяном киселе (контроле), а максимальное содержание витамина С (30,71 мг/дм³) – в овсяном киселе с пюре из шиповника, кизила и облепихи.

Использование в овсяном киселе пюре из фруктов дикорастущих растений позволяет значительно повысить содержание витамина С в напитке и обеспечить напитку функциональную направленность [15].

Установлено, что в овсяном киселе с пюре из шиповника, кизила и облепихи по сравнению с контролем содержится большее количество витамина С, который удовлетворяет суточную потребность в нем организма человека при приеме одной порции напитка (100 г) на 44,3%. Поэтому новый напиток можно отнести к функциональным продуктам питания (согласно ГОСТ Р 52349–2005 «Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения» (изменение № 1)).

Содержание углеводов, глюкозы и фруктозы в напитках представлено в таблице 4.

Таблица 4. Содержание углеводов, глюкозы и фруктозы в овсяных киселях

Table 4. Carbohydrate, glucose, and fructose content in oatmeal jelly

№	Наименование	Углеводы, г/100 г	Глюкоза, г/дм ³	Фруктоза, г/дм ³
	Овсяный кисель (контроль)	2,0±0,10	менее 1,0	менее 1,0
1.	Овсяный кисель: пектин	9,10±0,46	менее 1,0	менее 1,0
2.	Овсяный кисель: коллаген	16,20±0,81	1,24±0,15	менее 1,0
3.	Овсяный кисель: пюре из шиповника, кизила и облепихи	19,0±0,95	5,06±0,61	8,50±0,94
4.	Овсяный кисель: экстракт из шиповника, кизила и облепихи	6,0±0,30	2,85±0,34	2,65±0,29

Анализ таблицы 4 показывает, что содержание углеводов в образцах напитков изменяется от 2,0 до 19,0 г/100 г, при этом меньше всего углеводов (2 г/100 г) в контроле, а максимальное содержание углеводов (19,0 г/100 г) – в овсяном киселе с пюре из шиповника, кизила и облепихи. При этом содержание глюкозы и фруктозы также выше в овсяном киселе с пюре из шиповника, кизила и облепихи. Это показывает, что обогащение овсяного киселя различными наполнителями растительного происхождения значительно увеличивают пищевую ценность напитков и их значимость в питании человека. Калорийность напитков представлена в таблице 5.

Данные таблицы 5 показывают, что по энергетической ценности (8,0-76,0 ккал) эти напитки можно отнести к низкокалорийным продуктам питания.

По результатам исследования наблюдается положительное изменение количественных показателей пищевых веществ в составе овсяных киселей с наполнителями.

Таблица 5. Калорийность овсяных киселей

Table 5. Caloric content of oatmeal jelly

№	Наименование	Значение, ккал/100 г
	Овсяный кисель (контроль)	8,00±0,40
1.	Овсяный кисель: пектин	36,40±1,82
2.	Овсяный кисель: коллаген	64,80±3,24
3.	Овсяный кисель: пюре из шиповника, кизила и облепихи	76,00±3,80
4.	Овсяный кисель: экстракт из шиповника, кизила и облепихи	24,00±1,20

Заключение

1. Обоснована целесообразность использования пектина, коллагена и фруктов дикорастущих растений (шиповника, кизила и облепихи) в конструировании рецептуры овсяного киселя с целью обогащения биологически активными веществами, обуславливающими функциональное назначение.

2. Органолептическая оценка качества напитков показала, что преимущественные значения показывает вариант напитка с пюре из шиповника, кизила и облепихи.

Установлено, что оптимальная дозировка компонентов в рецептуре овсяного киселя следующая, (%): пектина – 15, коллагена – 10, пектин-коллагеновой комбинации – 10, пюре из шиповника, кизила и облепихи – 25 и экстракта из шиповника, кизила и облепихи – 25.

3. Определены физико-химические показатели овсяного киселя функционального назначения для подтверждения функционального назначения разработанных вариантов напитка. Внесение в овсяный кисель функциональных наполнителей (пектин, коллаген, пюре, экстракт из шиповника, кизила и облепихи) позволит получить разнообразную линейку функциональных напитков с различными потребительскими вкусами. Повышенное содержание витамина С подтверждает функциональное назначение разработанных напитков.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Позняковский В.М., Киселёва Л.В., Пермякова Т.Ф. Экспертиза напитков. Новосибирск: Новосиб. ун-т, 2001. 384 с.
2. Растительные продукты для здорового питания. Современный взгляд / Л.Г. Ипатова [и др.]. М: ДеЛи принт, 2009. 396 с.
3. Геворкян К.А. Использование растительного сырья при производстве напитков // Студенческий форум. 2019. № 30 (81). С. 31-32.
4. Колотий Т.Б., Мартынюк Л.А. Характеристика овсяного киселя как напитка функционального назначения // Студенческая наука: взгляд молодых: материалы студенческой научно-практической конференции. Майкоп, 2023. С. 54-56.
5. Chronic consumption of a wild green oat extract (Neuravena) improves brachial flow-mediated dilatation and cerebrovascular responsiveness in older adults / Wong R.H. [et al.] // J. Hypertens. 2013. Vol. 31, No. 1. P. 192-200. doi: 10.1097/HJH.0b013e32835b04d4.
6. Колотий Т.Б., Мартынюк Л.А. Использование фруктов дикорастущих растений в овсяном киселе // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы: материалы VIII Международной научно-практической онлайн-конференции. Майкоп: МГТУ, 2024. С. 191-194.
7. Mc Gorrin R. Key Aromatic Compounds in Oats and Oat Flakes. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00994>.
8. Consumption of boiled oatmeal is associated with improved dietary quality, improved nutrient intake, and reduced risk of central obesity and overweight in children aged 2 to 18 years: NHANES 2001-2010 / O'Neill K.E. [et al.] // Food Nutr. Res. 2015. No. 59. P. 26673.
9. Physicochemical and hypocholesterolemic characterization of oxidized oat beta-glucan / Park S.Y. [et al.] // J. Agric. Food Chem. 2009. Vol. 57, No. 2. P. 439443.
10. Савоськина А.С., Ермачкова Е.А. Разработка технологии производства овсяного киселя // Студенческий научный форум: материалы X Международной студенческой научной конференции. Майкоп, 2018. № 1. С 30-34.
11. Шамова М.М., Австриевских А.Н., Вековцев А.А. Разработка рецептуры и технологии производства злакового киселя. Кисель постный Злаковый // Пиво и напитки. 2018. № 1. С. 26-29.
12. Physicochemical Stability of Oat-Based Beverages / Patra T. [et al.] // Cereal Science Journal. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103422>.
13. Колотий Т.Б., Донченко Л.В., Хатко З.Н. Функциональные свойства дикорастущего сырья предгорной зоны Адыгеи: монография. Майкоп: Адыгея, 2007. 102 с.
14. ГОСТ Р 70650-2023. Напитки на растительной основе (из зерна, орехов, кокоса). Общие технические условия. Введ. 2023-05-01. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 12 с.
15. ГОСТ 24556-89 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С.

REFERENCES

1. Poznyakovsky, V.M., Kiseleva, L.V., Permyakova, T.F. Beverage Expertise. Novosibirsk: Novosibirsk University, 2001. 384 p. [In Russ.]
2. Plant-based products for healthy nutrition. A modern view / L.G. Ipatova et al.]. Moscow: DeLi Print, 2009. 396 p. [In Russ.]
3. Gevorkyan, K.A. Use of Plant-Based Raw Materials in Beverage Production // Student Forum. 2019. Issue 30 (81). P. 31-32. [In Russ.]
4. Kolotiy, T.B., Martynko, L.A. Characteristics of oatmeal jelly as a functional drink // Student Science: a young people's view: Proceedings of the Student Scientific and Practical Conference. Maikop, 2023. P. 54-56. [In Russ.]
5. Chronic consumption of a wild green oat extract (Neuravena) improves brachial flow-mediated dilatation and cerebrovascular responsiveness in older adults / Wong R.H. [et al.] // J. Hypertens. 2013. Vol. 31, No. 1. P. 192-200. doi: 10.1097/HJH.0b013e32835b04d4.
6. Kolotiy, T.B., Martynko, L.A. Use of wild plant fruits in oat jelly // Science, education and innovation for the agro-industrial complex: state, problems and prospects: materials of the VIII International scientific and practical online conference. Maikop: MSTU, 2024. P. 191-194. [In Russ.]

7. Mc Gorrin R. Key Aromatic Compounds in Oats and Oat Flakes. // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b00994>.
8. Consumption of boiled oatmeal is associated with improved dietary quality, improved nutrient intake, and reduced risk of central obesity and overweight in children aged 2 to 18 years: NHANES 2001-2010 / O'Neill K.E. [et al.] // Food Nutr. Res. 2015. No. 59. P. 26673.
9. Physicochemical and hypocholesterolemic characterization of oxidized oat beta-glucan / Park S.Y. [et al.] // J. Agric. Food Chem. 2009. Vol. 57, No. 2. P. 439443.
10. Savoskina, A.S., Ermachkova, E.A. Development of technology for the production of oat jelly // Student scientific forum: proceedings of the X International student scientific conference. Maikop, 2018. Issue 1. P. 30-34. [In Russ.]
11. Shamova, M.M., Avstrieviskykh, A.N., Vekovtsev, A.A. Development of a recipe and technology for the production of cereal jelly. Lenten Cereal Kissel // Beer and drinks. 2018. Issue 1. P. 26-29. [In Russ.]
12. Physicochemical Stability of Oat-Based Beverages / Patra T. [et al.] // Cereal Science Journal. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103422>.
13. Kolotiy, T.B., Donchenko, L.V., Khatko, Z.N. Functional properties of wild-growing raw materials from the foothill zone of Adygea: a monograph. Maikop: Adygeya, 2007. 102 p. [In Russ.]
14. GOST R 70650-2023. Plant-based beverages (from grain, nuts, coconut). General specifications. Introduced 2023-05-01. Moscow: Russian Institute of Standardization, 2023. 12 p. [In Russ.]
15. GOST 24556-89 Processed fruit and vegetable products. Methods for determining vitamin C. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Колотий Татьяна Борисовна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1665-5744>, e-mail: tatyana.kolotij@yandex.ru

Хатко Зурет Нурбиевна, доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой технологии пищевых продуктов и организации питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7097-1345>, e-mail: znkhatko@mail.ru

Мартынка Людмила Александровна, магистрант ТОП (м)-31, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, e-mail: mila.martynko.80@mail.ru

Белявцева Татьяна Анатольевна, старший преподаватель кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, e-mail: belyavceva.tanya@yandex.ru

Tatyana B. Kolotiy, PhD (Eng.), Associate Professor, Department of Food Technology and Catering, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191

Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7097-1345>, e-mail: tatyana.kolotij@yandex.ru

Zuret N. Khatko, Dr Sci. (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Food Technology and Catering, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7097-1345>, e-mail: znkhatko@mail.ru

Lyudmila A. Martynko, 3d year Master student, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., e-mail: mila.martynko.80@mail.ru

Tatiana A. Belyavtseva, Senior Lecturer, Department of Food Technology and Catering; Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., e-mail: belyavceva.tanya@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Мартынка Людмила Александровна – проведение эксперимента.

Колотий Татьяна Борисовна – подбор литературных источников.

Белявцева Татьяна Анатольевна – оформление статьи по требованиям журнала.

Хатко Зурет Нурбиевна – разработка методики исследования, валидация данных.

Claimed contribution of the authors

Lyudmila A. Martynko – conducting the experiment.

Tatyana B. Kolotiy – literature review.

Tatyana A. Belyavtseva – article formatting according to the requirements of the Journal.

Zuret N. Khatko – research methodology development, data validation.

Поступила в редакцию 26.09.2025

Поступила после рецензирования 27.10.2025

Принята к публикации 28.10.2025

Received 26.09.2025

Revised 27.10.2025

Accepted 28.10.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-61-78>

УДК [664.854+634.5]:648.6



Влияние параметров ионизирующего излучения на эффективность дезинсекции и потребительские свойства продукции при облучении сухофруктов и орехов

С.В. Кузьмин, О.В. Есаулова✉, А.Ю. Скопин, А.В. Балакаева,
Н.В. Мощенская, В.Н. Русаков

*Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора;
г. Мытищи, Российская Федерация,
✉ esaulova.ov@fncg.ru*

Аннотация. Введение. В Российской Федерации и странах ЕАЭС применение ионизирующего излучения для обработки пищевой продукции (радуризация) разрешено в соответствии с ТР ТС 021/2011 при условии соблюдения доз, установленных международными стандартами. При этом выбор дозы облучения должен быть сбалансирован: она должна быть достаточной для обеспечения микробиологической безопасности продукта, не ухудшая его органолептические и потребительские качества. **Целью исследования** стало исследование по оценке влияния различных доз обработки ионизирующим излучением сухофруктов на скорость гибели насекомых-вредителей, а также влияние такой обработки на органолептические, физико-химические и микробиологические показатели продукции. **Материалы и методы.** Объектами исследования явились курага, изюм светлый, изюм темный, грецкий орех и фундук, обработанные ионизирующим излучением, обеспечивающим поглощенные дозы от 150 до 1000 Гр. Оценивались следующие показатели качества и безопасности: органолептические, содержание влаги, витамина С, сернистого ангидрида, пестицидов ГХЦГ, ДДТ, токсичных элементов (кадмия, свинца, мышьяка, ртути), радионуклида ^{137}Cs , патулина. Также определялись: перекисное число жира, жирнокислотный состав, афлатоксин В1, микробиологические показатели (КМАФАнМ, БГКП, дрожжи и плесени, патогенные микроорганизмы в т.ч. сальмонелла). **Результаты и обсуждение.** Исследование показало, что эффективность ионизирующего облучения против насекомых-вредителей зависит от их вида и стадии развития и, в некоторых случаях, дозы облучения. Тип продукта (курага, изюм, орехи) не влиял на скорость гибели, что может позволить унифицировать режимы обработки. Воздействие облучением не ухудшило органолептические свойства продукции, показатели качества и безопасности сохранялись в норме при всех дозах обработки, кроме подавления плесеней в темном изюме, что требует оптимизации режимов обработки. **Заключение.** Показано, что радиационная обработка сухофруктов и орехов является эффективным методом дезинсекции, не оказывая негативного влияния на органолептические свойства, показатели качества и безопасности исследованных продуктов.

Ограничение исследования. Безопасность воздействия радиационных технологий на организм человека не изучалась

Соблюдение этических стандартов: не требуется

Финансирование. Исследование выполнено в рамках научно-исследовательской работы «Научное обоснование системы гигиенической регламентации качества, безопасности, сертификации и верификации сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции, а также товаров народного потребления, прошедших ионизирующую обработку» по теме «Разработка технологических регламентов и режимов облучения (методик) сельскохозяйственной и пищевой продукции, а также товаров народного потребления, упаковки продукции» (Рег. № НИОКТР 1022081000010-3-3.3.5).

Ключевые слова: радуризация, облучение пищевых продуктов, ионизирующее излучение, пищевая безопасность, орехи, сухофрукты, дезинсекция, скорость отмирания насекомых, радиоустойчивость, качество продукции

Для цитирования: Кузьмин С.В., Есаулова О.В., Скопин А.Ю., Балакаева А.В., Мощенская Н.В., Русаков В.Н. Влияние параметров ионизирующего излучения на эффективность дезинсекции и потребительские свойства продукции при облучении сухофруктов и орехов. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 61-78. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-61-78>

The effect of ionizing radiation on the efficiency of disinfection and consumer properties of dried fruits and nuts on irradiation

**S.V. Kuzmin, O.V. Esaulova✉, A.Yu. Skopin,
A.V. Balakaeva, N.V. Moschenskaya, V.N. Rusakov**

*Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor; Mytishchi, the Russian Federation,
✉esaulova.ov@fncg.ru*

Abstract. Introduction. In the Russian Federation and the EAEU countries, the use of ionizing radiation for food processing (radurization) is permitted in accordance with TR CU 021/2011, provided that the doses established by international standards are observed. The choice of the radiation dose must be balanced: it must be sufficient to ensure the microbiological safety of the product without degrading its organoleptic and consumer qualities. **The goal of the research** is to evaluate the effect of different doses of ionizing radiation treatment of dried fruits on the mortality rate of insect pests, as well as the effect of such treatment on the organoleptic, physicochemical and microbiological parameters of the products. **The materials and methods.** Dried apricots, light raisins, dark raisins, walnuts and hazelnuts treated with ionizing radiation providing absorbed doses from 150 to 1000 Gy were the objects of the research. The following quality and safety indicators were assessed: organoleptic properties, moisture content, vitamin C, sulfur dioxide, pesticides HCH, DDT, toxic elements (cadmium, lead, arsenic, mercury), radionuclide ¹³⁷Cs, patulin. The following parameters were also determined: fat peroxide value, fatty acid composition, aflatoxin B1, microbiological parameters (QMAFAnM, coliform bacteria, yeasts and molds, pathogenic microorganisms, including Salmonella). **The results and discussion.** The study demonstrated that the effectiveness of ionizing radiation against insect pests depended on their species and developmental stage and, in some cases, the radiation dose. Product type (dried apricots, raisins, nuts) did not affect the mortality rate, which may allow for standardization of processing regimens. Irradiation exposure did not degrade the organoleptic properties of the products; quality and safety indicators remained within normal limits at all treatment doses, with the exception of mold suppression in dark raisins, which requires optimization of processing regimens. **Conclusion.** Radiation treatment of dried fruits and nuts has been shown to be an effective pest control method, without adversely affecting the organoleptic properties, quality, or safety indicators of the studied products.

The research restrictions. The safety of radiation technologies on the human body has not been studied

Compliance with ethical standards: not required

Funding. The research was conducted as part of the research project “Scientific Substantiation of a System of Hygienic Regulation of Quality, Safety, Certification, and Verification of Agricultural Raw Materials and Food Products, as well as Consumer Goods Subjected to Ionizing Treatment” on the topic «Development of Technological Regulations and Irradiation Modes (Methodologies) for Agricultural and Food Products, as well as Consumer Goods, and Product Packaging» (Registration No. NIOKTR 1022081000010-3-3.3.5)

Keywords: radurization, food irradiation, ionizing radiation, food safety, nuts, dried fruits, disinfestation, insect mortality rate, radioresistance, product quality

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

For citation: Kuzmin S.V., Esaulova O.V., Skopin A.Yu., Balakaeva A.V., Moschenskaya N.V., Rusa-
kov V.N. The effect of ionizing radiation on the efficiency of disinfection and consumer properties of
dried fruits and nuts on irradiation. *Novye tehnologii / New Technologies*. 2025; 21(4): 61-78.
<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-61-78>

Введение. В последние годы стали уделять большое внимание вопросам обеззараживания продукции ионизирующим излучением (радуризации). В РФ и странах ЕАЭС ее применение разрешено для обеспечения соответствия продукции требованиям ТР ТС 021/2011 при условиях соблюдения международных дозовых норм и обязательной маркировки облученной продукции [1, 2, 3].

Ионизирующее излучение широко применяется в пищевой промышленности как физический метод дезинфекции, дезинсекции и консервирования, позволяющий повысить микробиологическую безопасность и срок хранения продукции без значительного нагрева. Особенно актуален этот метод для сухофруктов и орехов, которые подвержены заражению насекомыми-вредителями (долгоносиками, амбарной молью, хрущачами) и плесневыми грибами, в том числе продуцирующими микотоксины. Микробиологический анализ играет ключевую роль в контроле качества продуктов, особенно в процессе их хранения, позволяя не только выявить общее количество микроорганизмов, присутствующих в образцах, но и отслеживать динамику их изменения на протяжении всего срока хранения.

Одной из основных задач облучения сухофруктов и орехов является инсектицидная обработка. Дозы в диапазоне 0,5-1,0 кГр эффективно уничтожают насекомых на всех стадиях развития, предотвращая их размножение и повреждение продукции при хранении и транспортировке [4]. Для подавления микробной флоры и плесеней могут применяться дозы до 3-5 кГр, хотя в большинстве стран, включая Россию и страны ЕАЭС, разрешенная максимальная доза для сухофруктов и орехов составляет 1 кГр (ТР ТС 021/2011) [1]. Кроме того, важнейший ас-

пект применения облучения – оценка его влияния на качество продукта.

Дозы излучения, требуемые для обеспечения гибели большинства насекомых в сухофруктах и орехах, обычно либо не вызывают ухудшение качества продукта, либо оно незначительно. Важно подобрать дозу, которая, с одной стороны, будет эффективна против вредителей, с другой, – будет обеспечивать микробиологическую безопасность с минимальным воздействием на органолептические и физико-химические показатели продукции.

В связи с этим, **целью работы** стало исследование различных доз обработки ионизирующим излучением сухофруктов и орехов на скорость гибели насекомых-вредителей, а также влияние такой обработки на органолептические, физико-химические и микробиологические показатели продукции.

Материалы и методы. В качестве продукции были выбраны наиболее широко распространенные в РФ сухофрукты (изюм светлый, изюм темный, курага) и орехи (грецкий и фундук – в скорлупе и очищенный).

Опытные партии продукции были приобретены в оптовой торговой сети. Основным критерием выбора продукции были показатели качества, подтвержденные сертификатами соответствия. Также во внимание принималось место производства и отсутствие предшествующей инсектицидной обработки. Объемы опытных партий и места производства указаны ниже:

– абрикос сушеный, без косточки (курага, кайса) – ООО «Чил Фрукт», 735920 Республика Таджикистан, Согдийская область, г. Исфара, ул. Маркази 95-85,5 кг (коробки картонные по 4,5 кг – 19 шт.);

– изюм светлый, без косточек – ОАО СХП «Светлогорское», 353320, Краснодарский край, с. Светлогорское, ул. Центральная 1-90 кг (коробки картонные по 5 кг – 18 шт.);

– изюм темный, без косточек – ОАО СХП «Светлогорское» (адрес – тот же) – 90 кг (коробки картонные по 5 кг – 18 шт.);

– грецкие орехи очищенные, без скорлупы (ядра) – ОАО СХП «Светлогорское» (адрес – тот же) – 90 кг (коробки картонные по 10 кг – 9 шт.);

– ядро фундука, без скорлупы – ООО «AZHAZELNUT», Хачмасский район, село Гусарчай, Азербайджан – 90 кг (мешки полиэтиленовые по 30 кг – 3 шт.).

Многие виды орехов и сухофруктов поражаются насекомыми-вредителями, которые по характеру своего влияния на показатели безопасности продукции подразделяются на карантинные, распространенные и нераспространенные виды.

В связи с этим исследование проводили с искусственным внесением в образцы в качестве биотестов следующих видов насекомых: распространенные виды – жук рисового долгоносика *Sitophilus oryzae* L. (семейство *Curculionidae*), жук хрущача малого мучного *Tribolium confusum* Duv. (семейство *Tenebrionidae*), гусеницы и бабочки южной амбарной огневки *Plodia interpunctella* (семейство *Pyralidae*), жук мукоеда суринамского *Oryzaephilus surinamensis* L. (семейство *Cucujidae*) и нераспространенный вид – жук зернового точильщика *Rhizopertha dominica* F. (семейство *Bostrychidae*).

Зараженность сухофруктов и орехов насекомыми-вредителями после облучения определяли по действующему в ЕАЭС межгосударственному ГОСТ 1750-86 «Фрукты сушёные. Правила приёмки, методы испытаний».

Первый учет зараженности проводили через 1 сутки после облучения и далее – каждые сутки до полной гибели насекомых-вредителей. Погибших (нежизнеспособных) насекомых-вредителей удаляли при каждом учете. Гибель насекомых рассчитывали в процентах на каждые сутки учета для определения скорости их отмирания.

Испытания по оценке показателей качества и безопасности проводились на соот-

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

ветствии требованиям: Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (все сухофрукты), ГОСТ 32896-2014 «Фрукты сушёные. Общие технические условия» (курага), ГОСТ 6882-88 «Виноград сушёный. Технические условия» (изюм светлый и темный), ГОСТ 16833-2014 «Ядро ореха грецкого. Технические условия» (ядро грецкого ореха), ГОСТ 16835-81 «Ядра орехов фундука. Технические условия» (ядро фундука), СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» (все сухофрукты) по следующим показателям:

– содержание влаги – ГОСТ 34130-2017 «Фрукты и овощи сушеные. Методы испытаний» (курага, изюм светлый и темный), ГОСТ 16833-2014 (грецкий орех), ГОСТ 32287-2013 «Ядра орехов лещины. Технические условия» (фундук);

– содержание витамина С – ГОСТ 34151-2017 «Продукты пищевые. Определение витамина С с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии» (курага, изюм светлый и темный);

– содержание сернистого ангидрида – ГОСТ 25555.5-2014 «Продукты переработки фруктов и овощей. Методы определения диоксида серы» (курага, изюм светлый и темный);

– пестициды ГХЦГ, ДДТ – ГОСТ 30349-96 «Плоды, овощи и продукты их переработки. Методы определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов» (все сухофрукты и орехи);

– массовое содержание токсичных элементов: кадмия, свинца, мышьяка, ртути – ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой», ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов» (все сухофрукты и орехи);

– содержание радионуклида ^{137}Cs – ГОСТ 32161-2013 «Продукты пищевые. Метод определения содержания цезия Cs-137» (все сухофрукты и орехи);

– патулин (фактическое содержание) – ГОСТ 28038-2013 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения микотоксина патулина» (только курага);

– перекисное число жира – ГОСТ ISO 3960-2013 «Жиры и масла животные и растительные. Определение перекисного числа. Йодометрическое (визуальное) определение по конечной точке» (только орехи);

– жирнокислотный состав – ГОСТ 30418-96 «Масла растительные. Метод определения жирнокислотного состава» (только орехи);

– афлатоксин В1 – ГОСТ 30711-2001 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения содержания афлатоксинов В1 и М1» (только орехи);

– микробиологические показатели: КМАФАнМ – ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов» (все сухофрукты);

– БГКП – ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)» (все сухофрукты);

– дрожжи и плесени – ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов» (курага, изюм светлый и темный);

– патогенные микроорганизмы в т.ч. сальмонелла – ГОСТ 31659-2024 «Микробиология пищевой цепи. Горизонтальный метод обнаружения, подсчета и серотипирования бактерий рода *Salmonella*. Часть 1. Обнаружение *Salmonella* spp.» (все сухофрукты);

– органолептические показатели – ГОСТ 34130-2017 «Фрукты и овощи суше-

ные. Методы испытаний» (курага, изюм светлый и темный), ГОСТ 16833-2014 «Ядро ореха грецкого. Технические условия» (Грецкие орехи), ГОСТ 32287-2013 «Ядра орехов лещины. Технические условия» (фундук).

Облучение образцов сухофруктов и орехов проводили на радиационно-технологической установке (РТУ) с ускорителем электронов на базе линейного ускорителя электронов УЭЛР-10-20С (классификация по ГОСТ 26278-1984), находящегося на территории ООО «Акцентр Групп» по адресу: Московская область, г. Дубна, ул. Технологическая, д. (дозы, превышающие 1 кГр); на гамма-установке ГУР 120 ФГБНУ ВНИИРАЭ Центра антимикробной обработки пищевой продукции, ООО «Теклеор» (п. Ворсино, Калужской области) (дозы до 1 кГр).

Для изучения влияния облучения на скорость гибели насекомых-вредителей использовались дозы в 164, 354, 687, 1000 Гр, что связано с тем, что для насекомых планируют ступени, которые перекрывают регуляторные/практические пороги фитосанитарной обработки: ~150 Гр (для тефридид) [5], ~300-400 Гр (для большинства членистоногих), ~600-700 Гр (чтобы гарантированно «перекрыть» резистентные стадии/виды) и 1000 Гр как верхняя контрольная точка. Для оценки качества продукции чаще фиксируют плановые (номинальные) ступени: 150, 300, 600, 1000 Гр.

Перед облучением в пластиковые контейнеры размером 6×11×17 см с крышками помещали 250 г сухофруктов или орехов и подсаживали по 20 особей разных насекомых без учета пола и возраста. Ввиду сильных различий в свойствах субстрата и в пищевых предпочтениях насекомых-вредителей для облучения были подготовлены следующие комбинации: сухофрукты (курага, изюм) – долгоносик рисовый, хрущак малый мучной, гусеница и бабочка южной амбарной моли; орехи (фундук и грецкие орехи) – мукоед суринамский, точильщик зерновой.

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

Для определения показателей качества и безопасности контрольной и облученной продукции из опытных партий были приготовлены образцы. Каждый образец представлял собой один вид продукции, расфасованной в полипропиленовые контейнеры, плотно закрытые крышками и промаркированный. Предварительная упаковка и маркировка позволяет снизить вероятность повторного микробиологического загрязнения образцов. Геометрия контейнеров для различных типов продукции отличалась и зависела от физических характеристик самой продукции, в первую очередь, от размера компонентов (орехов, ягод и пр.) и насыпной плотности. Для орехов использовались контейнеры объемом 1,3 л, для остальной продукции объем контейнеров был 1 л. Вес одного образца варьировался в пределах от 19,25 до 22,25 кг для разных видов продукции и определялся показателями, подлежащими контролю и физическими свойствами продуктов.

Вес продукта в каждом контейнере составлял от 0,2 до 0,7 кг. После облучения контейнеры с сухофруктами и орехами, зараженными насекомыми-вредителями, хранили в термостате при постоянной температуре плюс 25 ± 1 °С. Все исследования проводили в 3-х повторностях.

При анализе динамики изменения органолептических, физико-химических, микробиологических показателей, а также показателей, характеризующих пищевую ценность продукции при обработке различными дозами излучения, изучались также контрольные образцы, не подвергавшиеся обработке.

Результаты. Ведущим фактором, определяющим жизнеспособность насекомых, является доза облучения. Ингибирующий эффект ионизирующих излучений на функциональную деятельность организма находится в прямой зависимости от дозы облучения. Величина абсолютной летальной дозы (LD_{100}) зависит от вида насекомых и стадии развития и изменяется в пределах от 30 до 3500 Гр.

Исследования чувствительности насекомых-вредителей к облучению в зависимости от стадии развития показали, что чем ниже стадия развития, тем она менее радиостойчива (табл. 1).

При облучении **гусениц южной амбарной моли** в дозе 164 Гр 100 % смертность наступила на 29 сутки, в дозе 364 и 1000 Гр – на 33 сутки и в дозе 687 Гр – на 34 сутки (табл. 1). Отсутствие прямо пропорциональной зависимости смертности от дозы облучения объясняется разным возрастом гусениц в опытных образцах.

Динамика отмирания гусениц южной амбарной моли показала, что у облученных гусениц происходило накопление генетических повреждений, когда кривые графика выходили на плато, но в конечном итоге это приводило к гибели гусениц.

Кроме того, отмечено, что полная гибель гусениц наступала значительно позже по сравнению с взрослой особью бабочки или имаго других насекомых-вредителей, рассмотренных выше.

Необходимо отметить, что в отличие от бабочек южной амбарной моли, которые живут всего от 3 до 14 дней и не могут питаться, ее гусеницы при отрождении усиленно питаются и наносят пищевой продукции большой вред. Жизненный цикл гусеницы длится около 1,5 месяцев.

Установлено, что жизнеспособность долгоносика рисового зависит от дозы облучения: при высоких дозах 687 и 1000 Гр их гибель наступала на 4 сутки, при дозе 354 Гр на 13 сутки, а при дозе 164 Гр – на 20 сутки после облучения.

Динамика скорости отмирания долгоносика рисового показала, что при дозе 354 Гр смертность жуков в первые 4 суток была близка к дозам 687 и 1000 Гр и составила 97 %, и держалась на данном уровне 9 суток, когда погибли последние 3 % насекомых. При дозе облучения 164 Гр отмирание долгоносика рисового происходило более равномерно и на 13 сутки достигло уровня 98 %, который держался до 20 суток.

Таблица 1. Смертность насекомых при облучении различными дозами ионизирующего излучения*, %

Table 1. Insect mortality due to exposure to various doses of ionizing radiation*, %

Время после облучения, сут. Time after irradiation, days.	Смертность при облучении различными дозами ионизирующего излучения Mortality due to exposure to various doses of ionizing radiation																			
	Гусеницы южной амбарной моли в кураге Southern granary moth caterpillars in dried apricots				Долгоносик рисовый (имаго) в светлом изюме Rice weevil (imago) in light raisins				Хрущак малый мучной (имаго) в тёмном изюме Small flour beetle (imago) in dark raisins				Мукоед суринамский (имаго) в грецких орехах Suriname flour beetle (imago) in walnuts				Точильщик зерновой (имаго) в фундуке Grain borer (imago) in hazelnuts			
	Дозы облучения (Гр) Radiation doses (Gy)				Дозы облучения (Гр) Radiation doses (Gy)				Дозы облучения (Гр) Radiation doses (Gy)				Дозы облучения (Гр) Radiation doses (Gy)				Дозы облучения (Гр) Radiation doses (Gy)			
	164	354	687	1000	164	354	687	1000	164	354	687	1000	164	354	687	1000	164	354	687	1000
1	11	0	0	0	3	32	10	25	2	0	5	0	23	20	28	30	5	5	8	2
2	11	9	0	0	21	63	33	50	10	0	8	2	38	38	42	33	13	10	8	5
3	44	9	14	0	32	78	67	80	13	2	17	2	42	47	52	38	17	17	27	13
4	44	18	14	9	48	97	100	100	17	3	18	7	48	53	53	47	22	25	30	17
5	44	18	14	18	48	97			18	10	22	13	48	53	55	47	25	38	43	25
6	56	27	14	18	49	97			23	10	27	28	52	62	62	55	33	48	45	53
7	56	36	14	18	49	97			28	18	33	38	58	63	63	62	45	58	62	67
8	67	36	14	18	49	97			43	43	47	77	62	70	70	76	75	73	75	83
9	67	55	21	36	57	97			45	45	60	83	65	75	80	83	78	80	85	98
10	67	55	21	36	63	97			47	52	70	85	68	83	80	87	82	85	95	98
11	67	55	21	55	76	97			47	57	70	85	75	90	82	97	83	93	98	100
12	67	55	29	64	92	98			52	62	75	90	100	95	92	98	93	97	100	
13	67	55	29	64	98	100			55	75	85	90		100	100	100	100	100		
14	89	55	29	73	98				72	88	90	95								
15	89	55	29	73	98				85	90	100	97								
16	89	55	36	73	98				90	93		97								
17	89	64	43	73	98				93	97		98								
18	89	64	50	73	98				97	100		100								
19	89	64	50	73	98				100											
20	89	64	50	73	100															
21-22	89	73	50	73																
23	89	73	57	82																
24-25	89	73	64	82																
26-28	89	82	64	91																
29	100	82	64	91																
30-32		82	64	91																
33		100	93	100																
34			100																	

*в контроле смертности насекомых не отмечено

*no insect mortality was observed during the monitoring

Медленное отмирание имаго долгоносика рисового происходило при выходе на плато при дозах 354 и 164 Гр на уровень 97 и 98 %, соответственно, произошло из-за разновозрастного состава насекомых. Взрослые насекомые в возрасте четырех недель были более восприимчивы к облучению, чем трехдневные насекомые. Дозы 300 и 500 Гр вызывали немедленную смертность у этих взрослых насекомых.

При облучении рисового долгоносика в другом субстрате смертность взрослых жуков была аналогичной, из чего можно сделать вывод об отсутствии влияния субстрата.

Имаго хрущака малого мучного более радиостойчивы по сравнению с долгоносиком рисовым. Полная смертность наступила на 19 сутки при 164 Гр, на 18 сутки при 354 и 1000 Гр и на 15 сутки – при дозе

687 Гр. Как и в случае с долгоносиком рисовым, разновозрастная популяция хрущака малого мучного была причиной более медленного его отмирания после облучения в дозе 1000 Гр, по сравнению с облучением в дозе 687 Гр.

Если сравнивать исследуемые дозы по достижению 90 %-го уровня смертности насекомых, то он наступил при дозе 1000, 687, 354 и 164 Гр на 12, 14, 15 и 16 сутки соответственно.

Динамика отмирания имаго хрущака малого мучного в изюме темном показала, что с 1 по 7 сутки после облучения нет четкой зависимости отмирания от величины дозы и лишь начиная с 8 суток происходит четкое разделение кривых прямо пропорциональной зависимости смертности от дозы облучения.

Установлено, что в первые 6 суток после облучения количество погибших насекомых составило около 20 %, в период с 7 по 14 сутки произошло массовое их отмирание, и с 15 по 19 сутки погибли оставшиеся, наиболее резистентные особи.

Жизнеспособность имаго мукоеда суринамского не зависела от дозы облучения – полная гибель насекомых наступила почти одновременно на 12-13 сутки после облучения.

Это полностью согласуется с выводами Закладного Г.А [6], который также отмечал слабый отклик на повышение дозы облучения от 6 до 100 кРад для жуков малого мучного хрущака и суринамского мукоеда, что обуславливает близкое расположение друг к другу линий регрессии отмирания этих жуков.

Гамма-облучение имаго точильщика зернового подавляло его жизнеспособность. Смертность имаго зависела от величины дозы: при дозах 164 и 364 Гр гибель наступала через 13 суток, при дозе 687 Гр – через 12 и дозе 1000 Гр через 11 суток. Показано, что различие в динамике скорости отмирания точильщика зернового в зависимости от величины дозы небольшое и находится в пределах уровня достоверности.

В таблице 2 приведено время (сутки) гибели последнего из насекомых-вредителей в каждом эксперименте.

При гамма-облучении гусениц южной амбарной моли самая низкая доза 164 Гр была наиболее эффективной по скорости отмирания – 29 суток, а при дозе 1000 Гр – 33 суток. При более низких дозах 50 и 100 Гр смертность наступила через 15 и 16 суток, а при дозах от 200 до 450 Гр на 22-24 сутки.

Результаты исследования показателей качества продукции до и после облучения различными дозами приведены ниже.

Контроль содержания влаги до и после облучения имеет важное значение для оценки технологической целесообразности, безопасности и стабильности хранения продукции.

Содержание влаги (табл. 3) не превышало норматив и находилось в пределах 12,5-19,9 %.

Содержание влаги во всех исследуемых продуктах – кураге, изюме (светлом и тёмном), грецких орехах (в скорлупе и ядрах), фундуке (в скорлупе и ядрах) – не превышало нормативных значений, установленных соответствующими стандартами. Уровень влаги оставался стабильным и не зависел от дозы ионизирующего облучения.

Таблица 2. Влияние ионизирующих излучений на насекомых-вредителей
Table 2. The effect of ionizing radiation on insect pests

Доза облучения, Гр Radiation dose, Gy	Время гибели последнего насекомого-вредителя, сутки Time of death of the last insect pest, days				
	Долгоносик Рисовый Rice Weevil	Малый мучной хрущак Small Mealworm	Мукоед суринамский Surinamese Flour Beetle	Точильщик Зерновой Grain Borer	Южная амбарная моль (бабочка/ гусеница) Southern Granary Moth (butterfly/caterpillar)
164	20	19	12	13	6/29
354	13	18	13	13	7/33
687	4	15	13	12	5/34
1000	4	14	13	11	8/33

Таблица 3. Содержание влаги в контрольных и облученных продуктах, %
Table 3. Moisture content in control and irradiated products, %

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	< 20	< 20	< 20	< 12	< 5,0	< 12	< 7
Доза, Гр Dose, Gr							
Контроль/Control group	19,8	16,9	15,1	3,2	3	4,42	3,6
150	19,5	16,2	13,8	3,7	3	4,1	4,2
300	19,9	15,7	14,6	5	2,9	4,8	3
600	18,5	14,9	12,8	3,5	2,6	4,4	2,2
1000	19,3	16,9	12,9	3,4	2,9	3,9	4,2

Полученные значения содержания витамина С в кураге и изюме светлом приведены в таблице 4 и варьировались в пределах 2,15-8,60 мг/100 г и 2,07-4,41 мг/100 г соответственно, и не зависят от величины дозы обработки. Колебания, скорее всего, связаны с естественными колебаниями значений для данного продукта.

Содержание витамина С в контрольных и облученных образцах темного изюма находились ниже предела обнаружения, что связано с технологией производства (солнечная сушка). Так как темный изюм не является основным источни-

ком витамина С, данный показатель не влияет на общее качество и пищевую ценность продукта.

Показатели безопасности, такие как содержание пестицидов (табл. 5, 6), сернистого ангидрида (табл. 7), токсичных элементов (табл. 8-11), афлатоксина В1 (табл. 12), и радионуклида ¹³⁷Cs (табл. 13) не превышают нормативных значений и не имеют достоверных различий между контрольными и облученными образцами.

Содержание пестицидов ГХЦГ (сумма изомеров) и ДДТ в контрольных и облученных образцах показаны в таблице 5.

Таблица 4. Содержание витамина С в контрольных и облученных образцах, мг/100 г

Table 4. Vitamin C content in control and irradiated samples, mg/100 g

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins
Норматив Norm	5	2,3 (0,7 – 4,6)
Доза, Гр Dose, Gr		
Контроль/Control group	6,19	3,26
150	4,81	3,32
300	2,15	3,29
600	4,19	2,94
1000	5,73	2,99

Таблица 5. Содержание ГХЦГ (сумма изомеров) в контрольных и облученных образцах, мг/кг

Table 5. Content of HCCN (sum of isomers) in control and irradiated samples, mg/kg

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Доза, Гр Dose, Gr							
Контроль/Control group	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
150	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
300	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
600	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
1000	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

Таблица 6. Содержание ДДТ и его метаболитов в контрольных и облученных образцах мг/кг

Table 6. Content of DDT and its metabolites in control and irradiated samples, mg/kg

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Доза, Гр Dose, Gr							
Контроль/Control group	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
150	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
300	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
600	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007
1000	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007	< 0,007

Содержание сернистого ангидрида (диоксида серы, SO₂) в кураге и изюме – это результат намеренного применения серосодержащих веществ в процессе производства сухофруктов. Его наличие даёт определённые технологические преимущества, но сопряжено с рисками для здоровья, поэтому строго регулируется.

Содержание сернистого ангидрида в контрольных и облучённых образцах кураги и изюма значительно ниже нормативных значений (табл. 7). Влияние облучения на содержание сернистого ангидрида не выявлено.

Содержание токсичных элементов в контрольных и облученных образцах приведено в таблицах 8-11¹.

Таблица 7. Массовая доля сернистого ангидрида, %
Table 7. Mass fraction of sulfur dioxide, %

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins
Норматив Norm	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Доза, Гр Dose, Gr			
Контроль/Control group	0,4032±0,1129	0,0077±0,0022	0,0032±0,0009
150	0,4001±0,1120	0,0083±0,0023	0,0051±0,0014
300	0,4105±0,1149	0,0084±0,0024	0,0044±0,0012
600	0,4044±0,1132	0,0089±0,0025	0,0049±0,0014
1000	0,4021±0,1126	0,0091±0,0025	0,0037±0,0010

Таблица 8. Содержание кадмия (Cd) в контрольных и облученных образцах, мг/кг
Table 8. Cadmium (Cd) content in control and irradiated samples, mg/kg

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	0,03	0,03	0,03	0,1	0,1	0,1	0,1
Доза, Гр Dose, Gr							
Контроль/Control group	0,018	0,008	0,006	0,05	0,048	0,043	0,028
150	0,019	0,009	0,007	0,05	0,043	0,043	0,023
300	0,016	0,01	0,005	0,046	0,046	0,046	0,026
600	0,017	0,01	0,006	0,047	0,044	0,044	0,024
1000	0,019	0,009	0,004	0,043	0,043	0,043	0,023

Таблица 9. Содержание свинца (Pb) в контрольных и облученных образцах, мг/кг
Table 9. Lead (Pb) content in control and irradiated samples, mg/kg

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
Доза, Гр Dose, Gr							
Контроль/Control group	0,25	0,18	0,22	0,25	0,15	0,27	0,25
150	0,28	0,22	0,26	0,23	0,13	0,31	0,23
300	0,27	0,21	0,23	0,28	0,18	0,26	0,28
600	0,27	0,19	0,22	0,24	0,14	0,25	0,24
1000	0,26	0,21	0,24	0,25	0,15	0,27	0,25

Таблица 10. Содержание мышьяка (As) в контрольных и облученных образцах, мг/кг
Table 10. Arsenic (As) content in control and irradiated samples, mg/kg

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Доза, Гр Dose, Gr							
Контроль/Control group	0,06	0,011	0,035	0,039	0,029	0,048	0,047
150	0,07	0,014	0,034	0,037	0,027	0,049	0,047
300	0,06	0,011	0,031	0,039	0,029	0,047	0,049
600	0,07	0,012	0,034	0,043	0,033	0,052	0,053
1000	0,05	0,014	0,034	0,041	0,031	0,05	0,051

¹ Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

пищевых продуктах указаны в СанПиН 2.3.2.1078-01

Таблица 11. Содержание ртути (Hg) в контрольных и облученных образцах, мг/кг
Table 11. Mercury (Hg) content in control and irradiated samples, mg/kg

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05
Доза, Гр Dose, Gr							
Контроль/Control group	0,0015	0,0052	0,0048	0,0042	0,0032	0,0027	0,0014
150	0,0018	0,0056	0,0045	0,0045	0,0035	0,0028	0,0015
300	0,0017	0,0053	0,0043	0,0047	0,0037	0,0027	0,0017
600	0,0016	0,0054	0,0044	0,0046	0,0036	0,0026	0,0016
1000	0,0016	0,0056	0,0046	0,0048	0,0038	0,0028	0,0018

Таблица 12. Содержание микотоксинов (афлатоксина В1) в контрольных и облученных образцах, мг/кг

Table 12. Mycotoxin content (aflatoxin B1) in control and irradiated samples, mg/kg

Наименование образца Sample Name	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	не более 0,003	не более 0,003	не более 0,003	не более 0,003
Доза, Гр Dose, Gr				
Контроль/Control group	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
150	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
300	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
600	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
1000	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003

Как видно из таблиц 8-11, во всех случаях уровни токсичных элементов значительно ниже установленных нормативов (СанПиН 2.3.2.1078-01). Более того, не выявлено достоверных различий между контрольными и облученными образцами – содержание Cd, Pb, As и Hg остаётся стабильным независимо от дозы ионизирующего излучения (в диапазоне до 1 кГр).

Содержание цезия-137 в исследуемых продуктах приведено в таблице 13.

Как видно из таблицы 13, содержание цезия-137 во всех продуктах при всех дозах облучения не превышала установленный норматив, было в одних случаях выше, в других – ниже даже в рамках исследования одного и того же вида продукта. Не было

установлено ни стабильного увеличения, ни уменьшения его количества при увеличении/уменьшении дозы обработки.

Патулин – стабильный термостойкий микотоксин, который является одним из индикаторов пищевой безопасности продукции. Результаты определения его в контрольных и облученных образцах кураги приведены в таблице 14.

При ионизирующем излучении могут образовываться свободные радикалы, ускоряться окислительные реакции, повышаться перекисное число даже в следовых жирах. Перекисное число служит индикатором окислительного стресса, вызванного облучением. Результаты определения данного показателя приведены в таблице 15.

Таблица 13. Результат определения содержания ^{137}Cs в контрольных и облученных образцах, Бк/кг

Table 13. The result of determination of ^{137}Cs content in control and irradiated samples, Bq/kg

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	200	200	200	200	200	200	200
Доза, Гр Dose, Gr							
Контроль/Control group	<0,3	<0,5	<0,8	<0,4	<0,5	<0,8	<0,7
150	<0,3	<0,3	<0,3	<0,8	<0,4	<0,4	<0,4
300	<0,5	<0,5	<0,5	<0,6	<0,7	<0,9	<0,5
600	<0,4	<0,4	<0,3	<0,6	<0,6	<0,6	<0,6
1000	<0,5	<0,7	<0,4	<0,5	<0,6	<0,5	<0,5

Таблица 14. Содержание патулина в контрольных и облученных образцах кураги, мг/кг
Table 14. Patulin content in control and irradiated dried apricot samples, mg/kg

Доза, Гр Dose, Gr	Норматив Norm	Не более 0,05 в пересчете на исходное сырье No more than 0,05 in terms of raw materials
Контроль/Control group		<0,001
150		<0,001
300		<0,001
600		<0,001
1000		<0,001

Таблица 15. Перекисное число жира в контрольных и облученных образцах (2,5 ммоль O₂/кг, 0,1-1,5 ммоль O₂/кг)
Table 15. Peroxide value of fat in control and irradiated samples (2.5 mmol O₂/kg, 0.1-1.5 mmol O₂/kg)

Наименование образца Sample Name	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	не более 0,1	не более 0,1	не более 0,1	не более 0,1
Доза, Гр Dose, Gr				
Контроль/Control group	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
150	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
300	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
600	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1000	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Как видно из данных таблицы 15, перекисное число жира в контрольных и облученных образцах не отличаются между собой и не отклоняются от значений, указанных в литературных источниках, т.е. облучение в дозах до 1 кГр не влияет на пищевую ценность ядер фундука.

Микробиологические показатели (табл. 16-20) соответствуют нормативам, за исключением содержания плесневых грибов, которое во всех исследуемых образцах превышает норматив вне зависимости от дозы облучения и типа установки.

Таблица 16. Содержание КМАФАнМ в контрольных и облученных образцах, КОЕ/г
Table 16. QMAFAnM content in control and irradiated samples, CFU/g

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins
Норматив Norm	< 5×10 ⁴	< 5×10 ⁴	< 5×10 ⁴
Доза, Гр Dose, Gr			
Контроль/Control group	1,2×10 ²	1,5×10 ²	4,3×10 ³
150	4,1×10 ²	1,1×10 ²	6,6×10 ³
300	2,6×10 ²	< 10	9,9×10 ³
600	2,1×10 ²	< 10	8,3×10 ³
1000	6,9×10 ²	< 10	2,3×10 ⁴

Таблица 17. Содержание БГКП в контрольных и облученных образцах, КОЕ/г
Table 17. Coliform Bacteria Content in Control and Irradiated Samples, CFU/g

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	НД в 0,1 г	НД в 0,1 г	НД в 0,1 г	НД в 0,01 г	НД в 0,01 г
Доза, Гр Dose, Gr					
Контроль/Control group	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,01 г	НО в 0,01 г
150	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,01 г	НО в 0,01 г
300	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,01 г	НО в 0,01 г
600	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,01 г	НО в 0,01 г
1000	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,1 г	НО в 0,01 г	НО в 0,01 г

НО – не обнаружены; НД – не допускается

NO – not detected; ND – not allowed

Таблица 18. Содержание дрожжей в контрольных и облученных образцах, КОЕ/г

Table 18. Yeast content in control and irradiated samples, CFU/g

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins
Норматив Norm	< 500	< 500	< 500
Доза, Гр Dose, Gr			
Контроль/Control group	<10	<10	<10
150	<10	60	<10
300	<10	30	<10
600	<10	20	<10
1000	<10	10	<10

Таблица 19. Содержание плесеней в контрольных и облученных образцах, КОЕ/г

Table 19. Mold content in control and irradiated samples, CFU/g

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	< 500	< 500	< 500	< 10 ³	< 10 ³
Доза, Гр Dose, Gr					
Контроль/Control group	< 10	< 10	3,8×10³	6,2×10 ²	< 10
150	< 10	< 10	4,3×10³	5,5×10 ²	< 10
300	< 10	< 10	6,2×10²	40	10
600	< 10	< 10	2,5×10³	2,5×10³	< 10
1000	< 10	< 10	7,2×10³	1,9×10 ²	< 10

Таблица 20. Содержание патогенных микроорганизмов (сальмонелл),
в контрольных и облученных образцах

Table 20. Content of pathogenic microorganisms (salmonella) in control and irradiated samples

Наименование образца Sample Name	Курага Dried Apricots	Изюм светлый Light Raisins	Изюм темный Dark Raisins	Грецкий орех Walnuts	Ядро грецкого ореха Walnut Kernels	Орех фундука Hazelnuts	Ядро фундука Hazelnut Kernels
Норматив Norm	НД в 25 г	НД в 25 г	НД в 25 г	НД в 25 г	НД в 25 г	НД в 25 г	НД в 25 г
Доза, Гр Dose, Gr							
Контроль Control group	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г
150	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г
300	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г
600	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г
1000	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г	НО в 25 г

НО – не обнаружены; НД – не допускается
NO – not detected; ND – not allowed

Из полученных данных видно, что во всех образцах темного изюма вне зависимости от дозы облучения отмечены превышения нормативов по содержанию плесеней, хотя это никак не проявляется в изменении органолептических показателей. По всем остальным контролируемым показателям образцы изюма соответствуют нормативным значениям и контрольные образцы не отличаются от облученных.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что для обеспечения микробиологической безопасности и снижения количества плесневых грибов необходимо увеличить дозы облучения. Предел доз необходимо подбирать экспериментально.

Органолептические показатели контрольных и облученных образцов кураги не отличались и соответствовали ГОСТ 32896-2014. Внешний вид – целые, приплюснутые сушеные фрукты с выдавленной косточкой, с неповрежденной кожицей. Вкус и запах свойственные фруктам данных видов, без постороннего вкуса и запаха. Цвет однородный, ярко-оранжевый, типичный для хорошо вызревших абрикосов.

Органолептические показатели контрольных и облученных образцов изюма, как светлого, так и темного, не отличались друг от друга и соответствовали ГОСТ 6882-88. Масса ягод сушеного винограда одного вида, сыпучая, без комкования, без

плодоножек. Запах и вкус свойственные сушеному винограду, вкус сладкий и сладко-кислый без постороннего привкуса и запаха. Цвет – светло-зеленый с желтым (золотистым) оттенком у светлого изюма, и синеватый с красным оттенком – у темного.

Органолептические показатели контрольных и облученных образцов грецких орехов не отличались друг от друга и соответствовали ГОСТ 32874-2014 (целый орех) и ГОСТ 16833-2014 (ядра). Степень зрелости орехов не изменена: оболочка ядра легко отделяется, на внутренней центральной перегородке имеются признаки потемнения. Состояние ядер позволяет выдерживать транспортирование, погрузку, разгрузку и доставку в место назначения в удовлетворительном виде. Ядро орехов нормально развито, без излишней внешней влажности, чистое, однородное по окраске. Окраска ядер светлого тона, без темно-соломенной и лимонно-желтой окраски, без посторонних примесей. Запах и вкус свойственные грецким орехам, не прогорклые, без постороннего запаха и/или привкуса.

Органолептические показатели контрольных и облученных образцов орехов фундука не отличались друг от друга и соответствовали ГОСТ 16834-81. Орехи были целые, нормально развитые, без околоплодника, сходные по форме, размеру и цвету. Без излишней внешней влажности. Ядра достаточно развитые, хорошо сформировавшиеся, не усохшие, без отвердевших участков, без пятен обесцвечивания. Запах и вкус всех образцов был свойственный, без посторонних запаха и вкуса.

Обсуждение. Установлено, что летальность насекомых напрямую зависит от поглощённой дозы ионизирующего излучения, однако эта зависимость не всегда строго линейна и может варьироваться в зависимости от вида насекомого, его стадии развития и возраста.

Наиболее чувствительными к облучению оказались имаго долгоносика рисового: при дозах 687 и 1000 Гр полная гибель наступала уже на 4-5 сутки. В то же

время хрущак малый мучной проявил наибольшую радиоустойчивость среди исследованных жуков, что согласуется с литературными данными, где отмечается высокая устойчивость представителей семейства *Tenebrionidae* к ионизирующему излучению [7, 8].

Динамика отмирания гусениц южной амбарной моли показала, что у облученных гусениц происходило накопление генетических повреждений, когда кривые графика выходили на плато, но в конечном итоге это приводило к гибели гусениц. При этом отмечено, что полная гибель гусениц наступала значительно позже по сравнению с взрослой особью бабочки или имаго других насекомых-вредителей, рассмотренных выше.

Показано, что тип субстрата (изюм, курага, грецкий орех, фундук) не оказывает существенного влияния на скорость отмирания насекомых одного вида, что говорит о преобладании радиационного фактора над средовым. Это позволяет стандартизировать режимы облучения для различных видов сухофруктов и орехов в рамках одного технологического процесса.

В исследовании изучено влияние ионизирующего облучения в дозах до 1 кГр на показатели качества, безопасности и физико-химические свойства сухофруктов (курага, изюм светлый и тёмный) и орехов (грецкий орех и фундук – как в скорлупе, так и в виде ядер). Во всех случаях органолептические показатели (внешний вид, цвет, запах, вкус) оставались неизменными и соответствовали требованиям соответствующих нормативных документов, что свидетельствует о сохранении потребительских свойств продукции после обработки.

Содержание влаги во всех образцах находилось в пределах норматива (не более 20% для сухофруктов, не более 5-12% для орехов), а уровень витамина С варьировался в пределах естественных биологических колебаний и не зависел от дозы облучения.

Ключевые показатели безопасности – пестициды (ГХЦГ, ДДТ), микотоксины

(афлатоксин В1, патулин), радионуклиды (^{137}Cs), токсичные элементы (Cd, Pb, As, Hg) и сернистый ангидрид – во всех случаях оказались ниже пределов обнаружения или значительно ниже установленных нормативов, причём различий между контрольными и облучёнными образцами выявлено не было. Таким образом, облучение в указанных дозах не приводит образованию и накоплению токсичных соединений.

Особое внимание уделено жирнокислотному составу и перекисному числу жира в орехах. Оба показателя остались стабильными при всех дозах облучения и соответствовали литературным данным: у грецкого ореха преобладают линолевая и α -линоленовая кислоты, у фундука – олеиновая. Перекисное число во всех случаях было $<0,1$ ммоль $\text{O}_2/\text{кг}$, что указывает на отсутствие окислительной дегградации липидов.

Перекисное число – показатель накопления гидроперекисей, первичных продуктов окисления ненасыщенных жирных кислот. Исследования показывают, что даже при дозах 1-2 кГр перекисное число в кураге и изюме достоверно возрастает по сравнению с контролем, особенно в процессе хранения [9, 10]. Семёнова и Кузнецова (2015) отметили увеличение перекисного числа на 15-25% через 30 суток после облучения кураги дозой 2 кГр, что свидетельствует об окислительном стрессе, вызванном облучением [10].

В то же время в орехах (грецких, фундуке), где содержание жира достигает 60-70 %, риск окисления значительно выше. Здесь контроль перекисного числа становится критически важным: превышение допустимых значений (>10 ммоль $\text{O}_2/\text{кг}$) указывает на начало прогоркания и снижение пищевой ценности [11]. Тем не менее, при соблюдении рекомендованных доз (≤ 1 кГр) и условий хранения (вакуум, темнота, низкая температура) изменения перекисного числа остаются в пределах нормы [12].

В нашем исследовании показано, что перекисное число в орехах не превышает нормы.

Микробиологические показатели соответствовали нормативам. Исключение составляет содержание плесеней в тёмном изюме, где во всех образцах (включая контрольные) зафиксировано превышение норм (до $7,1 \times 10^3$ КОЕ/г при допустимых 500 КОЕ/г) даже при самой высокой дозе обработки в 1000 Гр. Это указывает на недостаточную эффективность использованных доз для подавления плесневой микрофлоры в данном продукте и требует дальнейшей оптимизации режимов обработки.

Таким образом, ионизирующее облучение в дозах до 1 кГр не оказало негативного влияния на органолептические качества, показатели качества и безопасности исследованных продуктов, за исключением необходимости контроля плесеней в тёмном изюме. Наблюдаемые незначительные колебания значений, вероятно, связаны с естественной вариабельностью сырья по географическому происхождению и условиям выращивания, а не с влиянием облучения.

Заключение. Исследования чувствительности насекомых-вредителей к облучению в зависимости от стадии развития показали, что чем ниже стадия развития, тем она менее радиоустойчива. Динамика скорости отмирания исследуемых насекомых при различных дозах воздействия различается у разных видов: в одних случаях зависимость имеется, в других – нет. Тип субстрата (изюм, курага, грецкий орех, фундук) не оказывает существенного влияния на скорость отмирания насекомых одного вида, свидетельствуя о преобладании радиационного фактора над средовым.

Проведённое исследование показало, что радиационная обработка сухофруктов и орехов является эффективным методом дезинсекции, позволяющим уничтожить широкий спектр насекомых-вредителей, не оказывая негативного влияния на органолептические качества, показатели безопасности и физико-химические свойства исследованных продуктов.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Минск: Евразийская экономическая комиссия, 2011.
2. Combined effects of gamma irradiation and aging on tenderness and quality of beef from Nellore cattle / Rodrigues L.M. [и др.] // *Food Chemistry*. 2020. Vol. 313. Art. 126137.
3. Diehl J.F. *Safety of Irradiated Foods*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 464 p.
4. Козьмина Г.В., Гераскина С.А., Санжарова Н.И. Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы. Обнинск: ВНИИРАЭ, 2015. С. 65-78.
5. Generic irradiation phytosanitary treatments for insects in fresh fruits and vegetables: IAEA-TECDOC-1955 [Electronic resource] / International Atomic Energy Agency. Vienna: IAEA, 2021. 128 p. Includes PT 7: Irradiation treatment for fruit flies of the family Tephritidae (generic, 2009). URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1955_web.pdf (дата обращения: 28.10.2025).
6. Radiation disinfection of grain in a port elevator with capacity of 400 T/h. / Zakladnoy G.A. [et al.] // *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation, Part C: Radiation Physics and Chemistry* 1989. Vol. 34, No. 6. P. 991-994 (1989). DOI: 10.1016/1359-0197(89)90340-8
7. Hallman G.J. Phytosanitary irradiation: generic treatments and international adoption // *Journal of Economic Entomology*. 2019. Vol. 112, No. 5. P. 2029-2035.
8. Ignatowicz S. Radiation sensitivity of stored-product insects // *Journal of Stored Products Research*. 2003. Vol. 39, No. 3. P. 285-295.
9. Göksoy A., Özdemir S., Göncüoğlu N. Effects of gamma irradiation on chemical and sensory properties of dried apricots // *Journal of Food Engineering*. 2007. Vol. 79, No. 1. P. 127-132. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.01.010.
10. Семёнова А.А., Кузнецова Т.В. Влияние гамма-облучения на качество сухофруктов // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2015. № 6. С. 45-49.
11. ГОСТ 31751–2012. Масла растительные. Метод определения перекисного числа. Введ. 2014–01–01. М.: Стандартинформ, 2012. 8 с.
12. Delincée H. Irradiation of food: Analytical methods and safety aspects // *Radiation Physics and Chemistry*. 2002. Vol. 63, No. 3-6. P. 377-382. DOI: 10.1016/S0969-806X(01)00452-8.

REFERENCES

1. Technical Regulations of the Customs Union TR CU 021/2011 “On Food Safety”. Minsk: Eurasian Economic Commission, 2011. [In Russ.]
2. Combined effects of gamma irradiation and aging on tenderness and quality of beef from Nellore cattle / Rodrigues L.M. [et al.] // *Food Chemistry*. 2020. Vol. 313. Art. 126137.
3. Diehl J.F. *Safety of Irradiated Foods*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker, 1995. 464 p.
4. Kozmina, G.V., Geraskina, S.A., Sanzharova, N.I. Radiation technologies in agriculture and food industry: status and prospects. Obninsk: VNIIRAE, 2015. P. 65-78. [In Russ.]
5. Generic irradiation phytosanitary treatments for insects in fresh fruits and vegetables: IAEA-TECDOC-1955 [Electronic resource] / International Atomic Energy Agency. Vienna: IAEA, 2021. 128 p. Includes PT 7: Irradiation treatment for fruit flies of the family Tephritidae (generic, 2009). URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE-1955_web.pdf (accessed 10/28/2025).
6. Radiation disinfection of grain in a port elevator with capacity of 400 T/h. / Zakladnoy G.A. [et al.] // *International Journal of Radiation Applications and Instrumentation, Part C: Radiation Physics and Chemistry* 1989. Vol. 34, No. 6. P. 991-994 (1989). DOI: 10.1016/1359-0197(89)90340-8
7. Hallman, G.J. Phytosanitary irradiation: generic treatments and international adoption // *Journal of Economic Entomology*. 2019. Vol. 112, No. 5. P. 2029-2035.

8. Ignatowicz, S. Radiation sensitivity of stored-product insects // Journal of Stored Products Research. 2003. Vol. 39, No. 3. P. 285-295.

9. Göksoy A., Özdemir S., Göncüoğlu N. Effects of gamma irradiation on chemical and sensory properties of dried apricots // Journal of Food Engineering. 2007. Vol. 79, No. 1, pp. 127-132. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.01.010.

10. Semenova, A. A., Kuznetsova, T. V. «The Effect of Gamma Irradiation on the Quality of Dried Fruits.» Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. 2015, No. 6, P. 45-49. [In Russ.]

11. GOST 31751–2012. Vegetable Oils. Method for Determining Peroxide Value. Introduction. 2014–01–01. Moscow: Standartinform, 2012. 8 p. [In Russ.]

12. Delincée, H. «Irradiation of Food: Analytical Methods and Safety Aspects.» Radiation Physics and Chemistry. 2002, Vol. 63, Nos. 3–6. P. 377-382. DOI: 10.1016/S0969-806X(01)00452-8.

Информация об авторах / Information about the authors

Кузьмин Сергей Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, директор, Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; 141014, Российская Федерация, Московская область, городской округ Мытищи, город Мытищи, ул. Семашко, дом 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0209-9732>, e-mail: fncg@fncg.ru

Есаулова Ольга Владимировна, кандидат экономических наук, руководитель НИЦ «Радиационные биотехнологии», Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; 141014, Российская Федерация, Московская область, городской округ Мытищи, город Мытищи, ул. Семашко, дом 2, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1936-1673>, e-mail: esaulova.ov@fncg.ru

Скопин Антон Юрьевич, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий отделом научного обеспечения лабораторных исследований продукции и объектов окружающей среды, Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; 141014, Российская Федерация, Московская область, городской округ Мытищи, город Мытищи, ул. Семашко, дом 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7711-9489>, E-mail: skopin.ayu@fncg.ru

Балакаева Алиса Викторовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, отдела научного обеспечения лабораторных исследований продукции и объектов окружающей среды Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; 141014, Российская Федерация, Московская область, городской округ Мытищи, город Мытищи, ул. Семашко, дом 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4217-4300>, e-mail: balakaeva.AV@fncg.ru

Мощенская Нина Владимировна, кандидат химических наук, заместитель руководителя НИЦ «Радиационные биотехнологии» по сертификации, Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; 141014, Российская Федерация, Московская область, городской округ Мытищи, город Мытищи, ул. Семашко, дом 2, e-mail: moschenskaya.nv@fncg.ru

Русаков Владимир Николаевич, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела гигиены питания, Федеральное бюджетное учреждение науки «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора; 141014, Российская Федерация, Московская область, городской округ Мытищи, город Мытищи, ул. Семашко, дом 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9514-9921>, e-mail: rusakov.vn@fncg.ru

Sergei V. Kuzmin, Dr Sci. (Medicine), Professor, Director, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor; 141014, the Russian Federation, the Moscow Region, the Mytishchi urban district, Mytishchi, Semashko Street, Building 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0209-9732>, e-mail: fncg@fncg.ru

Olga V. Esaulova, PhD (Econ.), Head of the Scientific Research Center “Radiation Biotechnology”, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman" of Rospotrebnadzor; 141014, the Russian Federation, the Moscow Region, the Mytishchi urban district, Mytishchi, Semashko Street, Building 2, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1936-1673>, e-mail: esaulova.ov@fncg.ru

Anton Yu. Skopin, PhD (Medicine), Associate Professor, Head of the Department of Scientific Support for Laboratory Research of Products and Environmental Objects, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor; 141014, the Russian Federation, the Moscow Region, the Mytishchi urban district, Mytishchi, Semashko Street, Building 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7711-9489>, e-mail: skopin.ayu@fncg.ru

Alisa V. Balakaeva, PhD (Biology), Senior Researcher of the Department of Scientific Support for Laboratory Research of Products and Environmental Objects, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor; 141014, Russian Federation, Moscow Region, Mytishchi urban district, Mytishchi, Semashko Street, Building 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4217-4300>, e-mail: Balakaeva.AV@fncg.ru

Nina V. Moschenskaya, PhD (Chemistry), Deputy Head of the Scientific Research Center «Radiation Biotechnology» for Certification, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor; 141014, the Russian Federation, the Moscow Region, the Mytishchi urban district, Mytishchi, Semashko Street, Building 2, e-mail: moschenskaya.nv@fncg.ru

Vladimir N. Rusakov, PhD (Medical), Leading Researcher, Department of Food Hygiene, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of Rospotrebnadzor; 141014, the Russian Federation, the Moscow Region, the Mytishchi urban district, Mytishchi, Semashko Street, Building 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9514-9921>, e-mail: rusakov.vn@fncg.ru

Заявленный вклад авторов

Кузьмин Сергей Владимирович – обсуждение статьи, редактирование.

Есаулова Ольга Владимировна – дизайн исследования, редактирование.

Скопин Антон Юрьевич – написание текста, обсуждение статьи, редактирование.

Балакаева Алиса Викторовна – написание текста, обсуждение статьи, редактирование.

Мощенская Нина Владимировна – сбор и обработка материала.

Русаков Владимир Николаевич – сбор и обработка материала.

Claimed contribution of the authors

Sergey V. Kuzmin – article discussion, editing.

Olga V. Esaulova – research design, editing.

Anton Y. Skopin – text writing, article discussion, editing.

Alisa V. Balakaeva – text writing, article discussion, editing.

Nina V. Moshchenskaya – data collection and processing.

Vladimir N. Rusakov – data collection and processing.

Поступила в редакцию 13.10.2025

Поступила после рецензирования 24.11.2025

Принята к публикации 27.11.2025

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

Received 13.10.2025

Revised 24.11.2025

Accepted 27.11.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-79-88>

УДК [633.15+633.34]:631.53.027.325



Оптимизация параметров замачивания кукурузы и сои для повышения эффективности проращивания

Д. Нзейimana, Н.А. Бугаец✉, О.В. Руденко

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

Аннотация. Введение. Актуальность исследований обусловлена необходимостью оптимизации технологических процессов замачивания зерна злаковых и бобовых культур как ключевого этапа в производстве функциональных продуктов питания. Существующие методы требуют совершенствования с целью повышения эффективности и энергоэффективности процесса. **Цель исследования.** Цель исследования заключалась в определении оптимальных условий замачивания зерна кукурузы и бобов сои, обеспечивающих достижение уровня влажности, достаточного для начала прорастания, при минимальных затратах времени и энергии. **Объекты и методы.** Экспериментальные исследования включали замачивание зерна кукурузы сорта TZBR (composite) и бобов сои сорта 449/6/16 при температуре от 20 °С до 30 °С и гидромодулях 1:2-1:3 в течение 2-6 ч. Влажность образцов определяли гравиметрическим методом. Для математического моделирования использовали регрессионный анализ и бикубические сплайны в программных средах Statistica и MathCad. **Результаты и обсуждение.** Установлено, что для прорастания бобов сои требуется влажность 30 %, достигаемая при температуре 18 °С и продолжительности замачивания 1,16 ч, а для зерен кукурузы – 20 % при температуре 28,4 °С и продолжительности замачивания 3,72 ч. Построенные регрессионные модели показали высокую степень адекватности ($R^2 = 0,95-0,99$). Определено, что повышение температуры ускоряет процесс влагонакопления, однако при температуре выше 40 °С снижается жизнеспособность зародыша. **Заключение.** Оптимизация параметров замачивания позволяет существенно сократить продолжительность подготовки зернового сырья к проращиванию и повысить качество готового продукта. Полученные данные могут быть использованы при разработке энергосберегающих технологий в агропромышленном комплексе и в производстве продуктов питания на основе пророщенного зерна.

Ключевые слова: замачивание, кукуруза, соя, пророщенное зерно, влажность, гидромодуль, температура, регрессионный анализ, оптимизация, Statistica, MathCad

Для цитирования: Нзейimana Д., Бугаец Н.А., Руденко О.В. Оптимизация параметров замачивания кукурузы и сои для повышения эффективности проращивания. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 79-88. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-79-88>

Optimization of corn and soybean soaking parameters to improve germination efficiency

D. Nzeyimana, N.A. Bugaets✉, O.V. Rudenko

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

Abstract. Introduction. The relevance of the research is driven by the need to optimize technological processes for soaking cereal and legume grains as a key step in the production of functional foods. Existing methods require improvement to improve the efficiency and energy efficiency of the process. **The goal of the research** was to determine optimal soaking conditions for corn and soybeans to achieve a moisture level sufficient for germination while minimizing time and energy consumption. **The objectives and methods.** The experimental studies included soaking of TZBR (composite) corn grains and 449/6/16 soybeans at temperatures ranging from 20°C to 30°C and water ratios of 1:2-1:3 for 2-6 h. The moisture content of the samples was determined gravimetrically. Regression analysis and bicubic splines in Statistica and MathCad software environments were used for mathematical modeling. **The results and discussion.** It has been found that soybean germination requires 30% moisture content, achieved at a temperature of 18°C and a soaking time of 1.16 h, while for corn grains it requires 20% at a temperature of 28.4°C and a soaking time of 3.72 h. The constructed regression models have shown a high degree of adequacy ($R^2 = 0.95-0.99$). It has been determined that increasing temperature accelerates the moisture accumulation process; however, at temperatures above 40°C, embryo viability decreases. **Conclusion.** Optimization of soaking parameters significantly reduces the time required to prepare grain for germination and improves the quality of the finished product. The obtained data can be used in the development of energy-saving technologies in the agro-industrial complex and in the production of food products based on sprouted grain.

Keywords: soaking, corn, soybeans, sprouted grain, moisture, water content, temperature, regression analysis, optimization, Statistica, MathCad

For citation: Nzeyimana D., Bugaets N.A., Rudenko O.V. Optimization of corn and soybean soaking parameters to improve germination efficiency. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 79-88. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-79-88>

Введение. Проращивание семян представляет собой ключевую стадию в технологиях переработки зерновой и бобовой культур, поскольку активизация ферментативных систем и метаболических процессов начинается с этапа набухания (имбибиции). При поглощении воды семена переходят из сухого состояния в гидратированное, что инициирует последовательность биохимических реакций, необходимых для последующего прорастания. Недостаточная или неравномерная имбибиция может привести к замедлению развития зародыша и снижению общей эффективности технологии.

В условиях агропромышленного производства важным аспектом является не только достижение требуемой степени набухания, но и оптимизация временных и энергетических затрат данного процесса. Увеличение продолжительности замачивания или повышение температуры хотя и способствуют ускорению водопоглощения, одновременно повышают риски микробиологической контаминации, потери жизнеспособности зародышей и возникновения

градиентов влажности внутри семени. В связи с этим актуальной задачей становится поиск баланса между скоростью гидратации и сохранением качества семян при минимальных ресурсных затратах.

Современные научные исследования значительное внимание уделяют моделированию кинетики водопоглощения семенами. В работе Wang et al. (2022) изучена кинетика гидратации четырех сортов сои при температурах от 5 °C до 40 °C с использованием моделей типа Page. Установлено, что повышение температуры ускоряет поглощение влаги, но одновременно усиливает потери растворимых соединений, что ограничивает диапазон оптимальных условий [1]. Zhang et al. (2021) применяли ультразвуковую обработку при замачивании сои, добившись значительного повышения скорости водопоглощения и улучшения функциональных свойств семян. Оптимальными параметрами признаны температура 37 °C, мощность 144 Вт и продолжительность обработки 214 минут [2]. Полученные данные свидетельствуют о пер-

спективности комбинированных методов воздействия (температура + ультразвук) для оптимизации режимов замачивания.

Внимания заслуживают исследования, посвященные замачиванию злаковых культур, в частности, кукурузы, которые представлены в научной литературе в меньшем объеме. Miranda et al. в рамках статистического моделирования кинетики замачивания кукурузы и сои продемонстрировали значительное влияние температуры и времени на параметры гидратации [3]. Эти результаты подтверждают, что подходы, эффективные для бобовых культур, не могут быть автоматически перенесены на злаковые без соответствующей адаптации.

В отечественных исследованиях вопросы предпосевной подготовки и стимуляции семян часто рассматриваются в рамках агротехнических приемов. Например, работа А.П. Жигайловой (2023) посвящена совершенствованию дозирования семян вакуумным аппаратом на примере кукурузы, где анализируются преимущественно механические и технологические аспекты подачи семян, без детального рассмотрения кинетики замачивания [4]. Исследование И.В. Смотраевой и соавт. (2024) затрагивает вопросы применения российских сортов кукурузы в солодовом производстве и описывает отдельные влажностные характеристики зерна, однако не детализирует динамику имбибиции [5].

Международные исследования, такие как работы Mukherjee et al. [6] и Kumar et al. [7], расширяют понимание физико-химических изменений при замачивании и инновационных методов обработки. Отечественные исследования вносят значительный вклад в изучение процессов замачивания. Работы Колесниченко И.С. и соавт. [8], Петриченко В.В. [9], Михайловой Е.В. [10] выявили критическую зависимость качественных показателей продукции от режимов замачивания, в то время как исследования Гумерова А.В. [11], Артюновой М.В. [12] и Конева М.С. [13] де-

монстрируют возможности совершенствования технологических процессов.

Таким образом, при наличии значительного количества тематически близких исследований практически отсутствуют работы, посвященные одновременной оптимизации параметров замачивания (время, температура, гидромодуль) для кукурузы и сои в рамках единого экспериментального подхода с использованием кинетического моделирования. Разработка такой методики позволила бы выработать научно обоснованные рекомендации по снижению временных затрат и повышению энергоэффективности в агропищевых технологиях.

Целью настоящего исследования является определение оптимальных режимов замачивания (время, температура, гидромодуль) для зерен кукурузы и бобов сои, обеспечивающих достижение влажности, достаточной для начала прорастания, при минимальных временных и энергетических затратах с учетом кинетики водопоглощения.

Для достижения поставленной цели предусмотрено решение следующих задач:

- провести серию экспериментов по замачиванию зерен кукурузы и бобов сои при варьируемых температурных режимах, значениях гидромодуля и продолжительности процесса;
- построить экспериментальные кривые набухания и выполнить их аппроксимацию регрессионными моделями;
- определить оптимальные условия замачивания для каждой культуры с учетом минимизации временных и энергетических затрат;
- разработать практические рекомендации для агропроизводства и технологических процессов переработки пророщенного зерна.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали бобы сои сорта 449/6/16 и зерно кукурузы сорта TZBR (composite), выращиваемые в Республики Бурунди, которые были выбраны как широко распространённые куль-

туры, обладающие значительным потенциалом для переработки в пищевой промышленности. Перед началом опытов зерно и бобы подвергались стандартной подготовке: удалялись посторонние примеси, проводилась сортировка по размеру и визуальная оценка качества, после чего образцы промывали проточной водой и подсушивали при комнатной температуре. Исходная влажность семян, определённая гравиметрическим методом, составила 3,90 % для сои и 3,63 % для кукурузы, что соответствовало требованиям к исходным образцам для дальнейших исследований. Замачивание проводили в лабораторных условиях с использованием стеклянных цилиндров объёмом 1 литр, при этом гидромодуль для бобов сои составлял 1:3, а для кукурузы – 1:2 (семена: вода по массе). Эксперименты выполняли при контролируемых температурных режимах 20 °С, 25 °С и 30 °С и продолжительности процесса 2, 4 и 6 часов. Для поддержания стабильности условий использовался лабораторный термостат с точностью регулирования $\pm 0,5$ °С, что позволило исключить влияние внешних колебаний температуры на результаты.

Через заданные интервалы времени семена извлекали из замочной жидкости, обсушивали фильтровальной бумагой до удаления поверхностной влаги и проводили взвешивание с использованием аналитических весов с точностью до 0,001 г. Массовую долю влаги определяли в соответствии с ГОСТ Р 54951-2012 (ИСО 6496:1999) Корма для животных. Определение содержания влаги.

Каждое измерение выполняли в трёх повторностях, что позволило получить усреднённые значения и оценить вариацию результатов. Для обеспечения корректности экспериментальных данных дополнительно рассчитывались доверительные интервалы, а коэффициент вариации не превышал 5 %, что свидетельствовало о высокой воспроизводимости опыта.

Математическая обработка данных проводилась с использованием программных пакетов Statistica и MathCad, что обеспечи-

вало широкий спектр методов для анализа и интерпретации полученных результатов. Построение зависимостей «влажность – время – температура» выполнялось с применением регрессионного анализа и интерполяции сплайн-функциями, что позволило выявить нелинейный характер изменения гидратации в процессе набухания. Для аппроксимации экспериментальных данных применялись полиномиальные модели второй степени, которые продемонстрировали высокое соответствие результатам наблюдений: коэффициенты детерминации R^2 составляли 0,95-0,99, что подтверждало адекватность выбранных зависимостей. Дополнительно проводилась оптимизация методом минимизации ошибки, позволившая определить экстремальные значения факторов, при которых достигается целевая влажность семян.

В качестве критериев оптимальности рассматривались минимальные значения времени и температуры, обеспечивающие достижение влажности, необходимой для начала прорастания: для сои – 30 %, для кукурузы – 20 %. Для нахождения оптимальных параметров использовали анализ поверхности Парето, позволивший выделить область компромиссных решений, где одновременно минимизировались энергозатраты и продолжительность процесса.

Результаты. Анализ полученных данных показал, что процесс набухания бобов сои и зерен кукурузы имеет ярко выраженный нелинейный характер и может быть представлен в виде типичных кривых имбибиции с начальными участками интенсивного поглощения влаги и последующей стадией замедления, связанной с достижением равновесного состояния. Как видно из экспериментальных данных (табл. 1), исходная влажность семян составляла 3,90 % для сои и 3,63 % для кукурузы, что соответствует литературным сведениям о низкой гигроскопичности исходного сырья [4, 5].

При замачивании в условиях гидромодуля 1:3 для сои и 1:2 для кукурузы наблю-

далась закономерная зависимость: повышение температуры среды от 20 °С до 30 °С сопровождалось ростом скорости набухания и сокращением времени достижения критических значений влажности.

В ходе эксперимента определяли минимальную продолжительность замачивания и температуру замачивания, при которых

зерно кукурузы и бобы сои достигают влажности необходимой для начала процесса проращивания.

Одним из способов решения поставленной задачи является визуальный анализ интерполяционной поверхности отклика, образованной сплайн функциями и реализованный в программной среде Statistica.

Таблица 1. Исходные характеристики исследуемого сырья
Table 1. Initial characteristics of the studied raw materials

Культура	Сорт	Исходная влажность, %	Гидромодуль	Масса навески, г
Соя	449/6/16	3,90	1:3	50
Кукуруза	TZBR (composite)	3,63	1:2	50

Для процесса замачивания откликом является влажность (y , %), а независимыми переменными – время замачивания (x_1) и температура (x_2). Необходимо рассчитать такие значения фактор-аргументов, при которых y будет принимать необходимые значения, причем x_1 и x_2 должны стремиться к минимуму.

Проведя интерполяцию с помощью бикубического сплайна в программе Статистика, можно выделить точку оптимальности на графике поверхности функции $y(x_1, x_2)$ (рис. 1).

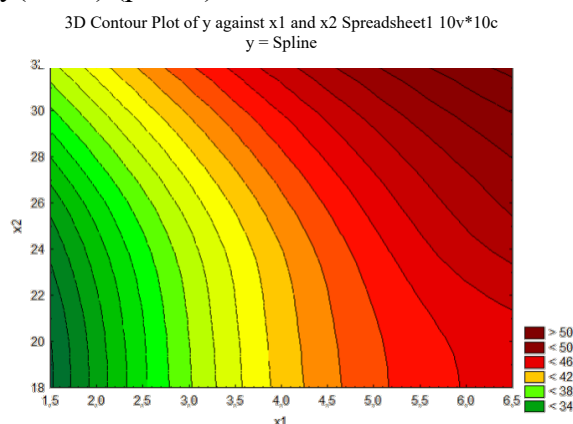


Рис. 1. Условия достижения влажности бобов сои 30 % при замачивании

Fig. 1. Conditions for achieving 30% moisture content in soybeans during soaking

На графике поверхности Парето фронт находится в левом нижнем углу и там можно выделить одну оптимальную точку со значениями $x_1 = 1,5$, $x_2 = 18$ при достижении влажности 30 %.

Для получения численного результата воспользуемся явным выражением целевой функции $y(x_1, x_2)$, которую можем получить в программе Статистика с помощью регрессионного анализа. Для нашего эксперимента спецификацией модели будет полином второй степени (рис. 2):

$$z(x, y) = 33,5 + 5,8 \cdot x_1 - 1,1 \cdot x_2 - 0,36 \cdot x_1^2 + 0,031 \cdot x_2^2 \quad (1)$$

Коэффициент детерминации R^2 равен 0,99, скорректированный R^2 тоже равен 0,99. Adjusted R^2 равен обычному R^2 , что говорит о том, что модель хорошо объясняет вариацию данных.

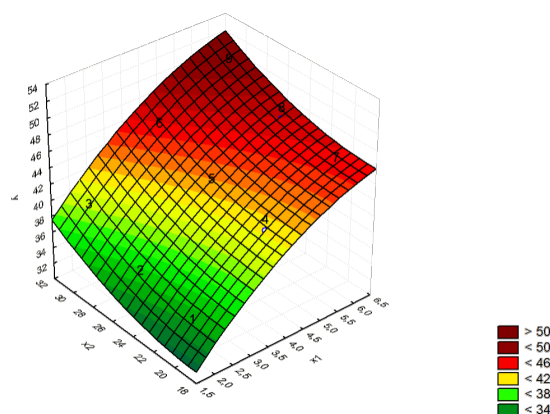


Рис. 2. Поверхность для целевой функции $y(x_1, x_2)$ при замачивании бобов сои

Fig. 2. Surface for the objective function $y(x_1, x_2)$ when soaking soybeans

Найден экстремум функции $y(x_1, x_2)$ при условии достижения целевой функции значения влажности 30 % в программе MathCad.

$$Z_{xy}(x, y) := \frac{-\frac{d}{dy}z(x,y)}{\frac{d}{dx}z(x,y)} \quad x := 0 \quad y := 0$$

Given

$$\begin{aligned} Z_{xy}(x,y) &= 0 & 1 < x < 7 \\ z(x, y) &= 30 & 18 < y < 40 \\ \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} &:= \text{Minerr}(x, y) & \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 1,163 \\ 18 \end{pmatrix} \\ z(x, y) &= 30 \end{aligned}$$

Зависимость массовой доли влаги зерен кукурузы от продолжительности и температуры замачивания представлена на рисунке 3.

Синим цветом выделен фронт Парето для значения влажности ($y > 20\%$), белая точка – предлагаемое сужение в виде одного решения ($x_1 = 4,9$; $x_2 = 27$) при наименьшем расстоянии от «идеальной» точки (обозначена звездочкой).

3D Contour Plot of y against x1 and x2 Spreadsheet1 10v*10c
y = Spline

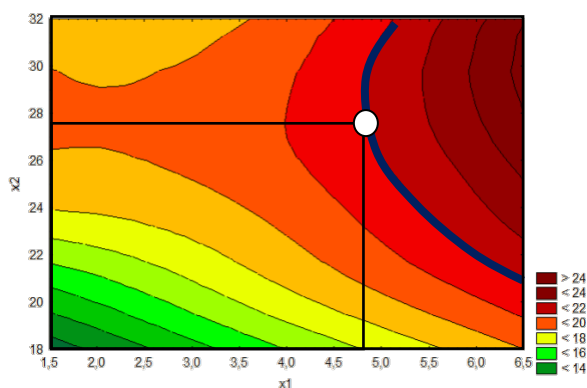


Рис. 3. Условия достижения влажности зерна 20 % при замачивании кукурузы

Fig. 3. Conditions for achieving 20% grain moisture when soaking corn

Спецификацией модели при регрессионном анализе также будет полиномиальная функция (рис. 4):

$$y = -17,081 - 0,11 \cdot x_1 + 2,5 \cdot x_2 + 0,143 \cdot x_1^2 - 0,044 \cdot x_2^2 \quad (2)$$

Коэффициент детерминации R^2 равен 0,96, скорректированный R^2 равен 0,95.

Найден экстремум функции $y(x_1, x_2)$ при условии достижения целевой функции значения в 20 % в программе MathCad.

$$Z_{xy}(x, y) := \frac{-\frac{d}{dy}z(x,y)}{\frac{d}{dx}z(x,y)} \quad x := 0 \quad y := 0$$

Given

$$\begin{aligned} Z_{xy}(x,y) &= 0 & 2 < x < 6 \\ z(x, y) &= 20 & 18 < y < 40 \\ \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} &:= \text{Minerr}(x, y) & \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} &= \begin{pmatrix} 3,72 \\ 28,409 \end{pmatrix} \\ z(x, y) &= 20 \end{aligned}$$

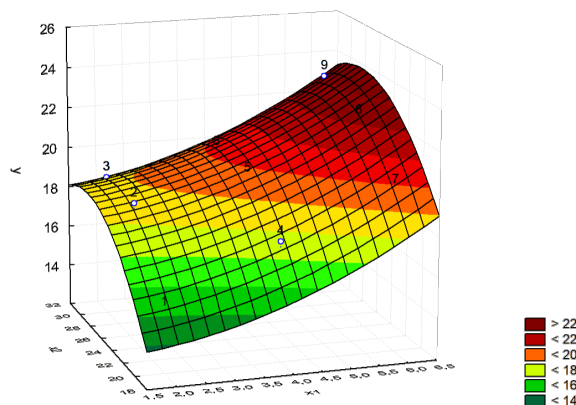


Рис. 4. Поверхность для целевой функции $y(x_1, x_2)$ при замачивании зерен кукурузы
Fig. 4. Surface for the objective function $y(x_1, x_2)$ when soaking corn grains

Построенные кривые имбибиции (рис. 1, рис. 2) показали, что в первые 30-40 минут происходит наиболее интенсивное поглощение влаги, что согласуется с результатами Wang et al. [1], установивших аналогичную закономерность для четырёх сортов сои. Для сои достижение целевой влажности 30 % фиксировалось при температуре 18 °C за 1,16 ч, что указывает на наличие оптимума, позволяющего минимизировать энергозатраты без ухудшения качества семян. Для кукурузы критическая влажность 20 % достигалась за 3,72 ч при температуре 28,4 °C.

Сравнительный анализ полученных моделей показал высокую степень их соответствия экспериментальным данным: коэффициенты детерминации R^2 составили 0,95-0,99, что свидетельствует о достоверности построенных зависимостей. На поверхности отклика «влажность – время – температура» (рис. 3, 4) отчётливо проявляется зона компромиссных параметров, где минимизируются энергозатраты и временные показатели при достижении требу-

емого уровня влаги. Эти результаты согласуются с зарубежными работами по моделированию процессов гидратации [3, 7], а также подтверждают выводы российских исследователей о необходимости строгого контроля условий замачивания [14].

Следует отметить, что при температуре 30 °С кривые набухания имели более выраженное плато и сопровождалось увеличением потерь растворимых веществ, что отмечалось также Zhang и др. [2] при изучении ультразвукового замачивания. Это указывает на необходимость осторожного выбора температурных режимов: избыточное ускорение процесса приводит к снижению технологической ценности зерна. В то же время результаты отечественных исследований [15] свидетельствуют, что длительное замачивание без контроля температуры может приводить к развитию микрофлоры, снижению всхожести и ухудшению качества конечного продукта.

Заключение. Установлены закономерности изменения влажности зерен кукурузы и бобов сои в процессе замачивания при различных температурных режимах и гидромодулях. Показано, что процесс набухания (имбибиции) зерна нелинейный, и характеризуется высокой скоростью поглощения влаги на начальных стадиях и

последующим замедлением до установления равновесного состояния. Установлены параметры критической влажности 20 % и 30 % для кукурузы (1) и бобов сои (2) соответственно при следующих условиях: 1) 28,4 °С; 3,72 ч; 2) 18 °С; 1,16 ч. Подтверждены преимущества комплексной оптимизации параметров замачивания для двух культур одновременно, что ранее практически не рассматривалось.

Построены регрессионные модели с коэффициентами детерминации R^2 на уровне 0,95-0,99, которые продемонстрировали высокую адекватность и востребованы для прогнозирования производственных условий. Рекомендованы следующие параметры замачивания зерна в производственных условиях: для кукурузы – гидромодуль 1:2, температура 28-30 °С, продолжительность 3,5-4,0 ч; для бобов сои – гидромодуль 1:3, температура 18-20 °С, продолжительность 1,0-1,5 ч; В указанных режимах достигается требуемая влажность семян для начала прорастания при минимальных временных и энергетических затратах. Внедрение разработанных математических моделей в системы цифрового мониторинга технологических процессов позволит повысить управляемость и предсказуемость производства.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kinetic study on soybean hydration during soaking and resulting softening kinetic during cooking / Wang D. [et al.] // Journal of Food Science. 2021. Vol. 87, No. 1. P. 266-279. 10.1111/1750-3841.15984. DOI: 10.1111/1750-3841.15984 EDN: QRRHEY.
2. Improving soaking efficiency of soybeans through ultrasonic assisted soaking / Zhang L. [et al.] // Food & Bioproducts Processing. 2021. Vol. 130. P. 244-252. doi:10.1016/j.fbp.2021.08.011.
3. Statistical modelling of the soaking kinetics of corn and soybean cultivars. / Miranda L.B. [et al.] // Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2019. Vol. 23, No. 5. P. 355-362. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p355-362.
4. Жигайлова А.П. Совершенствование дозирования семян вакуумным аппаратом точного высева на примере кукурузы // Вестник аграрной науки Дона. 2023. № 4 (64). DOI: 10.55618/20756704_2023_16_4_22-31. EDN: YECFFS.

5. Витман В.Е., Баланов П.Е., Смотраева И.В. Исследование возможности применения российских сортов кукурузы для производства солода // *Journal of Agriculture and Environment*. 2024. № 5(45). DOI: 10.60797/JAE.2024.45.5. EDN: FYNXUM.
6. Mukherjee R., Chakraborty R., Dutta A. Soaking of soybean meal: evaluation of physicochemical properties and kinetic studies // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019. Vol. 13. P. 390-403. 10.1007/s11694 018 9954 6. DOI: 10.1007/s1169401899546 EDN: YWZWCW.
7. Innovations in legume processing: ultrasound-based strategies for enhanced legume hydration and processing / Kumar G. [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. 2023. Vol. 145. P. 123-136. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.03.025. EDN: KFZGBY.
8. Ростовская М.Ф., Боярова М.Д., Клыков А.Г. Влияние условий замачивания ячменя на содержание белковых веществ в солоде // *Техника и технология пищевых производств*. 2020. Т. 50, № 2. С. 319-328. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-2-319-328. EDN: EFTOSJ.
9. Хамдамова Ч.Х., Ахмедов А.Н., Суннатова С.Ф. Анализ и значения гидротермической переработки зерна перед дроблением и исследования // *Universum: технические науки*. 2022. № 3-4 (96). С. 52-55. DOI: 10.32743/UniTech.2022.96.3.13220. EDN: VQQAIM.
10. Wang N., Xu B., Chang S.K.C. Effects of cooking methods on nutritional composition and antinutritional factors in legumes // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 274. P. 467-474.
11. Осадченко И.М., Горлов И.Ф., Николаев Д.В. Технология получения зеленых кормов путем стимуляции замачивания и проращивания семян пшеницы с использованием электроактивированных растворов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2014. № 1(111). С. 080-083. EDN: RUVNE.
12. Равшанов С., Мирзаев Ж., Мусаев Х. Влияние гидротермической обработки в повышении прочности оболочки зерна пшеницы при подготовке к сортовому помолу // *Химия и химическая технология*. 2020. № 2(68). С. 71-75. DOI: 10.51348/UWBU2815. EDN: NWYJMX.
13. Optimization of soaking stage in technological process of wheat germination by hydroponic method when objective function is defined implicitly / M.S. Koneva [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series* (Tomsk, 17-20 янв. 2018 г.). Tomsk, 2018. P. 032018. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032018. EDN: XYCSLR.
14. Гринюк Д.А., Карпук П.О. Модернизация системы автоматизации процесса увлажнения зерна перед помолом // *Инжиниринг и экономика: современное состояние и перспективы развития: сборник материалов студенческой научно-технической конференции в рамках XXI Международной научно-технической конференции БНТУ «Наука – образованию, производству, экономике» и LXXIX студенческой научно-технической конференции БНТУ (18-19 мая 2023 г.)*. Минск: БНТУ, 2023. С. 66-72.
15. Зенькова М.Л., Мельникова Л.А. Микробиологическая оценка процесса проращивания зерна пшеницы и гречихи // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. Т. 51, № 4. С. 795-804. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-795-804. EDN: AQPJDW.

REFERENCES

1. Kinetic study on soybean hydration during soaking and resulting softening kinetic during cooking / Wang D. [et al.] // *Journal of Food Science*. 2021. Vol. 87, No. 1. P. 266-279. DOI: 10.1111/1750-3841.15984. EDN: QRRHEY.
2. Improving soaking efficiency of soybeans through ultrasonic assisted soaking / Zhang L. [et al.] // *Food & Bioproducts Processing*. 2021. Vol. 130. P. 244-252. DOI: 10.1016/j.fbp.2021.08.011.
3. Statistical modelling of the soaking kinetics of corn and soybean cultivars / Miranda L.B. [et al.] // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2019. Vol. 23, No. 5. P. 355-362. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v23n5p355-362.
4. Zhigailova A.P. Sovershenstvovanie dozirovaniya semyan vakuumnym apparatom tochnogo vyseva na primere kukuruzy // *Vestnik agrarnoy nauki Dona* [Don Agricultural Science Bulletin]. 2023. No. 4 (64). DOI: 10.55618/20756704_2023_16_4_22-31. EDN: YECFFS. [In Russ.]
5. Vitman V.E., Balanov P.E., Smotraeva I.V. Issledovanie vozmozhnosti primeneniya rossiyskikh sortov kukuruzy dlya proizvodstva soloda // *Journal of Agriculture and Environment*. 2024. No. 5 (45). DOI: 10.60797/JAE.2024.45.5. EDN: FYNXUM. (In Russ.)

6. Mukherjee R., Chakraborty R., Dutta A. Soaking of soybean meal: evaluation of physicochemical properties and kinetic studies // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2019. Vol. 13. P. 390-403. DOI: 10.1007/s1169401899546. EDN: YWZWCМ.
7. Innovations in legume processing: ultrasound-based strategies for enhanced legume hydration and processing / Kumar G. [et al.] // *Trends in Food Science & Technology*. 2023. Vol. 145. P. 123-136. DOI: 10.1016/j.tifs.2023.03.025. EDN: KFZGBY.
8. Rostovskaya M.F., Boyarova M.D., Klykov A.G. Vliyanie usloviy zamachivaniya yachmenya na sodержanie belkovykh veshchestv v solode [Effect of barley soaking conditions on protein content in malt] // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2020. Vol. 50, No. 2. P. 319-328. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-2-319-328. EDN: EFTOSJ. [In Russ.]
9. Khamdamova Ch.Kh., Akhmedov A.N., Sunnatova S.F. Analiz i znacheniya gidrotermicheskoy pererabotki zerna pred drobлением i issledovaniya // *Universum: tekhnicheskie nauki*. 2022. No. 3-4 (96). P. 52-55. DOI: 10.32743/UniTech.2022.96.3.13220. EDN: VQQAИM. [In Russ.]
10. Wang N., Xu B., Chang S.K.C. Effects of cooking methods on nutritional composition and antinutritional factors in legumes // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 274. P. 467-474.
11. Osadchenko I.M., Gorlov I.F., Nikolaev D.V. Tekhnologiya polucheniya zelenykh kormov putem stimulyatsii zamachivaniya i prorashchivaniya semyan pshenitsy s ispol'zovaniem elektroaktivirovannykh rastvorov // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2014. No. 1 (111). P. 080-083. EDN: RUVNEJ. [In Russ.]
12. Ravshanov S., Mirzaev J., Musaev H. Vliyanie gidrotermicheskoy obrabotki v povyshenii prochnosti obolochki zerna pshenitsy pri podgotovke k sortovomu pomolu // *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*. 2020. No. 2 (68). P. 71-75. DOI: 10.51348/UWBU2815. EDN: NWYJMX. (In Russ.)
13. Optimization of soaking stage in technological process of wheat germination by hydroponic method when objective function is defined implicitly / Koneva M.S. [et al.] // *Journal of Physics: Conference Series* (Tomsk, 17-20 Jan. 2018). Tomsk, 2018. P. 032018. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032018. EDN: XYCSLR.
14. Grinyuk D.A., Karpuk P.O. Modernizatsiya sistemy avtomatizatsii protsessa uvlazhneniya zerna pered pomolom // *Inzhiniring i ekonomika: sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya: sbornik materialov studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii v ramkakh XXI Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU «Nauka – obrazovaniyu, proizvodstvu, ekonomike» i LXXIX studencheskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BNTU (18-19 May 2023)*. Minsk: BNTU, 2023. P. 66-72. [In Russ.]
15. Zenkova M.L., Melnikova L.A. Mikrobiologicheskaya otsenka protsessa prorashchivaniya zerna pshenitsy i grechikhi // *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2021. Vol. 51, No. 4. P. 795-804. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-795-804. EDN: AQPJDW. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Диомед Нзейimana, аспирант по научной специальности 4.3.3 «Пищевые системы» кафедры общественного питания и сервиса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2770-6309>, e-mail: nzeyimanadiomede@gmail.com

Бугаец Наталья Алексеевна, доцент кафедры общественного питания и сервиса, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4012-8837>, e-mail: kubanochka23@yandex.ru

Руденко Ольга Валентиновна, доцент кафедры вычислительных технологий, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет»; 350040, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1831-621X>

Diomed Nzeyimana, Postgraduate student in the scientific specialty 4.3.3 «Food Systems», the Department of Public Catering and Service, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2770-6309>, e-mail: nzeyimanadiomede@gmail.com

Natalya A. Bugayets, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Public Catering and Service, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4012-8837>, e-mail: kubanochka23@yandex.ru

Olga V. Rudenko, PhD (Eng.), Associate Professor, the Department of Computer Technologies, Kuban State University; 350040, the Russian Federation, Krasnodar, 149 Stavropolskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1831-621X>, e-mail: olga_ned

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 15.09.2025

Поступила после рецензирования 13.10.2025

Принята к публикации 14.10.2025

Received 15.09.2025

Revised 13.10.2025

Accepted 14.10.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-89-100>

УДК 641.1:641.5



Специализированная пищевая продукция с иммуномодулирующими свойствами: рецептура базового компонента

А.Л. Новокшанова✉, Ю.С. Сидорова, А.С. Билялова,
Н.А. Петров, Н.А. Бирюлина, Д.Б. Никитюк

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

Аннотация. Введение. Общеизвестно, что важнейшим алиментарным фактором, необходимым для поддержания иммунной системы человека является адекватная обеспеченность организма белком высокой пищевой и биологической ценности. **Цель исследования.** Целью настоящего исследования являлась разработка композиции из сухой смеси концентрата сывороточного белка молока (КСБ), деминерализованной сыворотки со степенью деминерализации 40% (ДС40) и воды, обогащенной витаминами, для создания специализированных пищевых продуктов многоцелевого назначения. **Объекты и методы исследования.** Состояние дисперсных систем оценивали визуально, вкус и запах – органолептически. Пеностойкость определяли в секундах как время уменьшения объема пены на 50 %. Рассчитывали объем внедренного воздуха и коэффициент устойчивости пен. Измеряли активную кислотность, проводили определение плотности и относительной вязкости. **Результаты и обсуждение.** При выбранном соотношении ингредиентов после их растворения в воде активная кислотность дисперсий достоверно не отличалась между вариантами рецептур и не зависела от температуры растворения. Плотность образцов нарастала с увеличением доли КСБ и снижением количества ДС40. Наибольшее влияние на вязкость образцов оказывали белки, формирующие коллоидную фазу. Установлено, что пеностойкость и коэффициент ее устойчивости увеличиваются при повышении содержания КСБ в исследуемой смеси. По совокупности органолептических и физико-химических показателей, а также с учетом более высокого содержания белка, оптимальной признана рецептура основы, содержащая 20 г КСБ, 10 г ДС40 и 70 г воды. Введение в рецептуру витаминов оказывало влияние только на изменение вкуса, появилась легкая кислинка, которая остается в послевкусии, что несколько снизило общую оценку восприятия. **Заключение.** Обоснован макронутриентный состав обогащенной витаминами сухой смеси из КСБ и ДС40 для создания специализированных пищевых продуктов многоцелевого назначения, которая может быть использована, в том числе для повышения иммунореактивности организма.

Ключевые слова: белок молочной сыворотки, молочная деминерализованная сыворотка, витамины, вязкость, пеностойкость, взбитость, растворимость, органолептические показатели, вкус, консистенция

Для цитирования: Новокшанова А.Л., Сидорова Ю.С., Билялова А.С., Петров Н.А., Бирюлина Н.А., Никитюк Д.Б. Специализированная пищевая продукция с иммуномодулирующими свойствами: рецептура базового компонента. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 89-100. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-89-100>

Благодарность: Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда в рамках гранта (проект № 22-16-00006-П)

Specialized food products with immunomodulatory properties: basic component formulation

A.L. Novokshanova✉, Yu.S. Sidorova, A.S. Bilyalova,
N.A. Petrov, N.A. Biryulina

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

Abstract. Introduction. It is generally recognized that an adequate supply of protein with high nutritional and biological value is the most important nutritional factor necessary for maintaining the human immune system. **The goal of the research** is to develop a composition of a dry mix of whey protein concentrate (WPC), demineralized whey with a demineralization degree of 40% (DS40), and vitamin-enriched water for the creation of specialized multi-purpose food products. **The objects and methods of the research.** The state of dispersed systems was assessed visually, taste and odor - organoleptically. Foam stability was determined in seconds as the time for the foam volume to decrease by 50%. The volume of entrapped air and the foam stability coefficient were calculated. Active acidity was measured, and density and relative viscosity were determined. **The results and discussion.** With the selected ratio of ingredients after their dissolution in water, the active acidity of the dispersions did not differ significantly between the formulation variants and did not depend on the dissolution temperature. The density of the samples increased with an increase in the proportion of WPC and a decrease in the amount of DS40. The proteins forming the colloidal phase had the greatest effect on the viscosity of the samples. It was found that foam stability and its stability coefficient increased with increasing WPC content in the studied mixture. Based on the combined organoleptic and physicochemical parameters, as well as taking into account the higher protein content, a base formula containing 20 g of WPC, 10 g of DS40, and 70 g of water was deemed optimal. The addition of vitamins to the formula only affected the taste; a slight sourness appeared, which lingered in the aftertaste, slightly lowering the overall perception score. **Conclusion:** The macronutrient composition of a vitamin-enriched dry mix of WPC and DS40 was substantiated for the creation of specialized multi-purpose food products, which can be used, among other things, to enhance the body immune response.

Keywords: whey protein, demineralized whey, vitamins, viscosity, foam stability, overrun, solubility, organoleptic properties, taste, consistency

For citation: Novokshanova A.L., Sidorova Yu.S., Bilyalova A.S., Petrov N.A., Biryulina N.A., Nikityuk D.B. Specialized food products with immunomodulatory properties: basic component formulation. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 89-100. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-89-100>

Acknowledgements: The research was supported by the Russian Science Foundation under grant No. 22-16-00006-P.

Введение. Значимость оптимального пищевого статуса, обеспечивающего потребности человека в макро- и микроэлементах, а также в минорных биологически активных веществах (БАВ) пищи, для поддержания гуморального и клеточного звеньев иммунной системы очевидна. При этом общепризнано, что важнейшим алиментарным фактором, необходимым для поддержания иммунной системы человека

является адекватная обеспеченность организма белком высокой пищевой и биологической ценности. Следовательно, в качестве макроэлемента в составах специализированных пищевых продуктов, обладающих иммуномодулирующими (иммуностимулирующими) свойствами, целесообразно использовать пищевые белки с высоким аминокислотным рейтингом, в частности, молочные.

Высокое качество белков молока определяется не только полным набором незаменимых аминокислот, но и другими биологическими свойствами, такими как антимикробные, антиканцерогенные и иммуномодулирующие [1, с. 7478].

Молочные белки состоят в основном из казеина и сывороточного белка, причем казеин составляет 80 %, а сывороточный белок – оставшиеся 20 % [2, с.2]. Хотя окончательно не установлено, какими отдельными компонентами молочных белков: аминокислотами, пептидными фракциями или синергетическим действием, опосредованы их физиологические эффекты, общепризнано, что все функции молочных белков, обуславливающие влияние на иммунную систему, связаны с белками молочной сыворотки. Сывороточные белки состоят из гетерогенной группы белков, таких как β -лактоглобулин, α -лактальбумин, альбумин сыворотки крови, иммуноглобулин, лактоферрин и лактопероксидаза [3, с. 32].

Сывороточные белки молока широко используют в качестве функциональных пищевых ингредиентов в составе специализированной пищевой продукции, в частности, для профилактики таких заболеваний, как сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, сахарный диабет, нарушения функции кишечника, для контроля развития ожирения и увеличения мышечной массы. Например, в работе [4, с. 114] представлены данные о том, что изолят сывороточного белка улучшал функциональное состояние печени и почек крыс, нарушенное циклофосфамидом, благодаря своей антиоксидантной и противовоспалительной активности. Athira et al. продемонстрировали защитный эффект гидролизата сывороточного белка против окислительного повреждения, вызванного парацетамолом [5, с. 1433]. Механизм антиоксидантного действия сывороточных белков связан с ингибированием перекисного окисления липидов (ПОЛ), нейтрализацией активных форм кислорода и хелатированием переходных металлов.

Многочисленные исследования также подтвердили, что β -Lg, α -La и бычий сывороточный альбумин обладают уникальными характеристиками носителей, которые позволяют им связываться с различными веществами и повышать физическую и химическую стабильность биологически активных компонентов, что делает их перспективными системами доставки питательных веществ [6, с. 74; 7, с. 93].

Для отделения белков сыворотки от молока используются различные технологии, такие как фракционирование, концентрирование, коагуляция и сушка. Это привело к производству различных белковых продуктов, доступных на рынках, включая продукты из казеина и продукты из сывороточного белка [8, с. 4428]. Как пищевые ингредиенты сывороточные белки молока, представлены в виде изолятов (ИСБ), концентратов (КСБ) и гидролизатов. Модификация сывороточного белка путем ограниченного гидролиза обычно применяется для улучшения межфазных свойств, повышения растворимости в воде и высвобождения биологически активных пептидов, в том числе обладающих антиоксидантной активностью [9, с. 1]. Сфера применения сухой сыворотки обычно ограничена из-за повышенной кислотности, высокой гигроскопичности, недостатков органолептических свойств (солонватый и кисловатый вкус, выраженный сывороточный запах) [10, с. 65].

При производстве сухих сывороточных продуктов сыворотку можно сушить напрямую или разделять ее на компоненты для получения различных продуктов, таких как безлактозный сывороточный порошок, изолят сывороточного белка, концентрат сывороточного белка и деминерализованная сыворотка (ДС) [11, с. 137]. Деминерализованная сухая молочная сыворотка, получаемая путем удаления минералов из сывороточного белка с высоким их содержанием, обладает улучшенными сенсорными свойствами [12, с. 504] и содержит все водорастворимые компоненты молока, вклю-

чая молочный белок, лактозу и минеральные вещества. Она отличается от обычной сыворотки более сладким вкусом, высокой растворимостью, имеет меньшую кислотность, что существенно расширяет перспективы её применения в составе пищевых продуктов, в том числе специализированных [13, с. 65]. Соответственно перспективным представляется смешивание сывороточного белка молока с деминерализованной сывороткой для получения необходимых органолептических и функциональных свойств базового компонента.

Целью настоящего исследования являлась разработка композиции из сухой смеси КСБ, ДС со степенью деминерализации 40% (ДС40) и воды, обогащенной витаминами, которая может быть использована для создания специализированных пищевых продуктов многоцелевого назначения, в том числе для повышения иммунореактивности организма. В качестве критериев оценки использованы органолептические и пенообразующие свойства.

Объекты и методы исследования.

Сырье, используемое для приготовления образцов. В качестве основного сырья использовали концентрат сывороточного белка молока КСБ 80, произведенный по ТУ 9229-008-86526272-2014 (ООО «Тагрис-молоко, РФ») и сыворотку молочную сухую деминерализованную ДС40 (ОАО «Кобринский маслodelьно-сыродельный завод», Республика Беларусь).

Количественные соотношения ингредиентов в опытных композициях представлены в таблице 1.

Таблица 1. Расход рецептурных компонентов в образцах

Table 1. Consumption of recipe components in samples

Ингредиенты	Расход ингредиентов в вариантах, г/100 г смеси					
	1	2	3	4	5	6
КСБ-ТМ-80	10	12	14	16	18	20
Сухая ДС 40	20	18	16	14	12	10
Вода	70	70	70	70	70	70

Приготовление образцов.

Образцы готовили путем помещения рецептурных навесок компонентов в стакан

вместимостью 250-300 см³, добавления питьевой воды и механического перемешивания дисперсий стеклянной палочкой до полного растворения сухих ингредиентов. При этом для выяснения оптимальных условий растворения использовали два температурных режима: (25±1) °С и (40±1) °С.

Обогащение витаминами.

С целью обогащения будущего продукта витаминами использовали витаминный премикс, состав которого представлен в таблице 2. Дозировка премикса 0,1 г на одну порцию установлена расчетным методом и обеспечивает рекомендуемую норму потребления витаминов в сутки.

Таблица 2. Состав витаминного премикса
Table 2. Composition of the vitamin premix

Название витамина	Единицы измерения	Рекомендованное потребление в сутки (АУП в сутки)	В 0,1 г премикса, мг
А	мкг	900	0,9
Д	мкг	10	0,01
Е	мг	15	15
С	мг	90	90
В6	мг	2	2
В9	мкг	400	0,4
В12	мкг	3	0,003

Общеукрепляющее действие витаминов заключается в их участии в различных жизненно важных процессах. Дефицит микронутриентов через изменение транскрипции провоспалительных генов влияет на иммунитет, чем обосновывается необходимость обогащения витаминами продуктов питания как массового потребления, так и специализированной пищевой продукции многоцелевого назначения.

Витамин В9 (фолиевая кислота) непосредственно в ЖКТ регулирует выживаемость Т-регуляторных клеток (Т-reg), отвечающих за снижение выраженности воспалительных процессов [14, с. 4]. Витамин В6 (пиридоксин) обеспечивает синтез нуклеиновых кислот и белка, поэтому незаменим для нормального функционирования лимфоцитов, продукции антител, цитокинов и активности натуральных киллеров (НК) [15, с. 1]. Витамин С стимулирует миграцию и дифференцировку Т- и В- лимфоцитов (важнейшие клетки адаптивного имму-

нитета), стимулирует выработку интерферона, усиливает фагоцитарную активность крови и синтез специфических антител; в комбинации с витамином Е он усиливает функции фагоцитов [16, с. 9]. Витамин В12 незаменим при делении клеток, пролиферации лимфоцитов, синтезе антител к полисахаридам пневмококков [17, с. 300].

Ведущая роль для работы иммунной системы показана у всех жирорастворимых витаминов (витамина А, D, и Е). Витамин D усиливает реакции клеточного иммунитета, участвует в координации иммунного ответа, необходим для противотуберкулезного иммунного ответа (через противомикробные пептиды, в частности, через кателицидин) [18, с. 5]. Показан модулирующий эффект витамина А на антителообразование, синтез различных цитокинов, регулирующих активность Т- и В-лимфоцитов, активность комплемента, стимулирующих функцию фагоцитов и НК-клеток [19, с. 4]. Витамин Е стимулирует синтез антител, продукцию интерлейкина-2; восстанавливает популяционный состав и функциональную активность Т-клеточной системы, снижает выраженность аутоиммунной и аллергической реакций [20, с. 3].

Методы исследования.

Состояние дисперсных систем оценивали визуально, вкус и запах – органолептически.

Для изучения пенообразующих свойств полученных образцов их взбивали в цилиндрической емкости ручным миксером в течение 1 минуты при скорости вращения венчика 2000 об/мин.

Пеностойкость определяли в секундах как время уменьшения объема пены на 50 %.

Коэффициент устойчивости пен определяли по формуле:

$$K_{уст} = \frac{\tau}{V_n}, \quad (1)$$

где: $K_{уст}$ – коэффициент устойчивости, мин/см³;

τ – время гашения пены, мин;

V_n – объем пены, см³.

Активную кислотность измеряли согласно ГОСТ 32892-2014, определение плотности проводили на тензиометре K20 (KRUSS, GmbH).

Относительную вязкость смесей определяли с помощью вискозиметра Оствальда с диаметром капилляра 1,12 мм. Для этого определяли время истечения исследуемых образцов и контрольной жидкости (вода), а для расчета вязкости использовали формулу (2), выведенную на основании формулы Ж. Пуазейля:

$$\eta_M = \eta_B \cdot \frac{\rho_M \cdot t_M}{\rho_B \cdot t_B} \quad (\text{Па} \cdot \text{с}) \quad (2)$$

где η_M – вязкость исследуемого образца при 25 °С, Па·с;

η_B – вязкость воды при 25 °С, Па·с;

$\eta_B = 1,005 \cdot 10^{-3}$ Па·с;

ρ_M и ρ_B – соответственно плотность исследуемого образца и воды при 25 °С, кг/м³;

$\rho_B = 998,2$ кг/м³;

t_M и t_B – время истечения соответственно исследуемого образца и воды из капилляра одного и того же вискозиметра, с.

Результаты и их обсуждение. Физико-химические показатели КСБ и ДС40 представлены в таблице 3.

Из данных таблицы 3 следует, что оба ингредиента содержат незначительное количество жира. При этом КСБ будет преимущественно служить источником белка, а ДС40 – источником белкового и углеводного компонентов одновременно (табл. 4).

При выбранном соотношении ингредиентов после их растворения в воде активная кислотность дисперсий достоверно не отличалась между вариантами рецептур и не зависела от температуры растворения. Плотность образцов нарастала с увеличением доли КСБ и снижением количества ДС40.

Результаты расчета пищевой и энергетической ценности опытных образцов представлены в таблице 5.

Таблица 3. Пищевая и энергетическая ценность молочного сыря
Table 3. Nutritional and energy value of dairy raw materials

Наименование сыря	Массовые доли, %			Пищевая ценность, ккал/кДж
	Белки	Жиры	Углеводы	
КСБ	80,0	4,0	2,0	1522/364
ДС40	10,0	1,5	70,0	1420/330

Таблица 4. Плотность и активная кислотность образцов с разным соотношением КСБ и ДС40
Table 4. Density and active acidity of samples with different ratios of KSB and DS40

Варианты рецептур	Массовые доли, %		Плотность, кг/м ³	Активная кислотность, единицы рН
	КСБ	ДС40		
1	10	20	1,109±0,001	6,08-6,23
2	12	18	1,108±0,001	6,08-6,22
3	14	16	1,103±0,001	6,09-6,22
4	16	14	1,100±0,001	6,10-6,20
5	18	12	1,096±0,001	6,10-6,19
6	20	10	1,094±0,001	6,10-6,16

Таблица 5. Пищевая и энергетическая ценность вариантов рецептур при разном соотношении КСБ и ДС40
Table 5. Nutritional and energy value of recipe variants with different ratios of WPC and DS40

Варианты	Массовые доли, %				Энергетическая ценность /калорийность, ккал /кДж	
	Белки	Жиры	Углеводы	Сухие вещества	Вода	
1	10,20	0,75	16,70	27,70	72,30	114/485
2	11,58	0,84	15,24	27,48	72,52	115/487
3	12,96	0,93	13,78	27,26	72,74	115/489
4	14,34	1,02	12,32	27,04	72,96	116/491
5	15,72	1,11	10,86	26,82	73,18	116/493
6	17,10	1,20	9,40	26,60	73,40	117/495

Массовая доля белка в модельных системах пропорционально нарастала, начиная с 10,2 % при минимальном содержании КСБ в образцах 10 %, до 17,1 % при содержании КСБ 20 %. Содержание углеводов при этом, наоборот, снижалось.

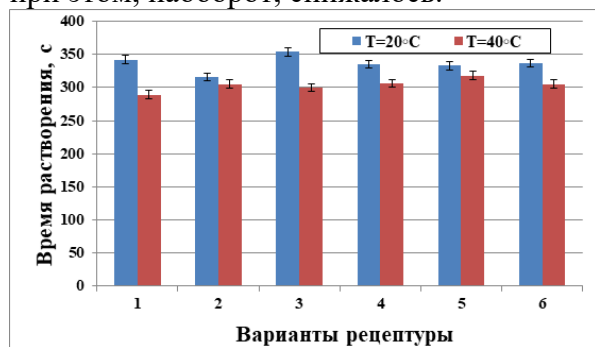


Рис.1. Растворимость смесей КСБ и ДС40 при разном их соотношении в зависимости от температуры

Fig. 1. Solubility of mixtures of KSB and DS40 at different ratios depending on temperature

Среднее время растворения всех образцов при температуре 24,3±0,4 °С составило 336±5 с, для образцов, которые растворяли при температуре 40,2±0,2 °С продолжительность растворения сократилась и составила 304±4 с, различия достоверны

($p < 0.01$). Хотя время растворения отличается достоверно, однако это отличие составляет 25,0±0,6 с и на практике является незначительным. Соответственно растворение будущего напитка может быть рекомендовано как при комнатной температуре, так и теплой водой (рис. 1).

Относительная вязкость образцов изменялась в диапазоне от 5,31 до 10,67 мПа·с (рис. 2).

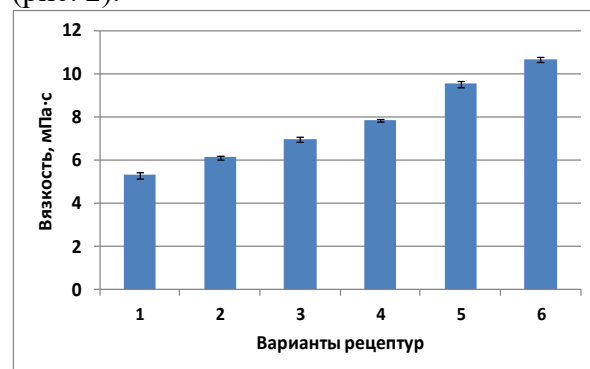


Рис.2. Вязкость образцов, мПа·с
Fig. 2. Viscosity of samples, mPa s

Как известно, на вязкость жидкости помимо прочих факторов влияют молекулярные структуры и концентрации растворенных веществ. Диапазон колебаний общего

содержания сухих веществ в образцах составлял 1,1 %, для массовой доли белков этот показатель был равен 6,9 %, для массовой доли углеводов – 7,3 %. Учитывая, что углеводный компонент систем представлен только дисахаридом лактозой, сделано предположение, что наибольшее влияние на вязкость образцов оказывали белки, формирующие коллоидную фазу. При математической обработке экспериментальных данных установлено, что зависимость относительной вязкости (η) от содержания белка в системах (W_6) выражается степенной функцией: $\eta=0,0321 W_6^{1,714}$ ($r \approx 0,997$).

На рисунке 3 представлена зависимость объема пены от состава образцов.

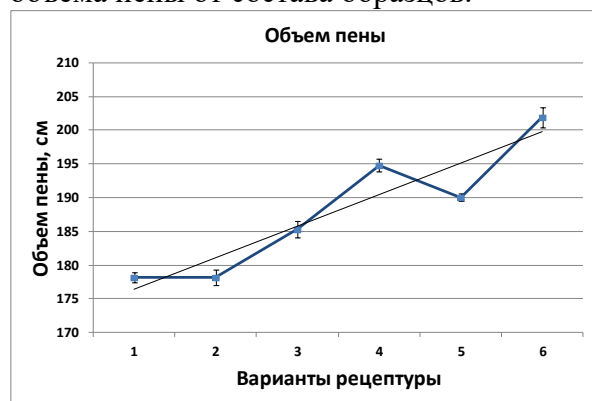


Рис.3. Объем пены, см
Fig. 3. Foam volume, cm

Поскольку в созданных системах основными поверхностно-активными веществами, участвующими в формировании пенных структур, были белки, определена математическая зависимость объема пены ($V_{п}$) от количества белка (W_6). Установлено, что между этими показателями существует очень сильная положительная линейная связь: $V_{п}=3,891*W_6 + 136,31$ ($r=0,975$).

На рисунке 4 представлена зависимость стойкости пены от состава рецептуры образца.

Коэффициент детерминации $R^2=0,9832$ указывает на очень высокую степень соответствия данных линейной модели, т.е. около 98,32% изменений пеностойкости можно объяснить линейной зависимостью от соотношения КСБ/ДС40. Изменение ко-

эффициента устойчивости пены соответствует линейной модели с коэффициентом детерминации $R^2=0,8999$. Установлено, что пеностойкость и коэффициент ее устойчивости увеличиваются при повышении содержания КСБ в исследуемой смеси.

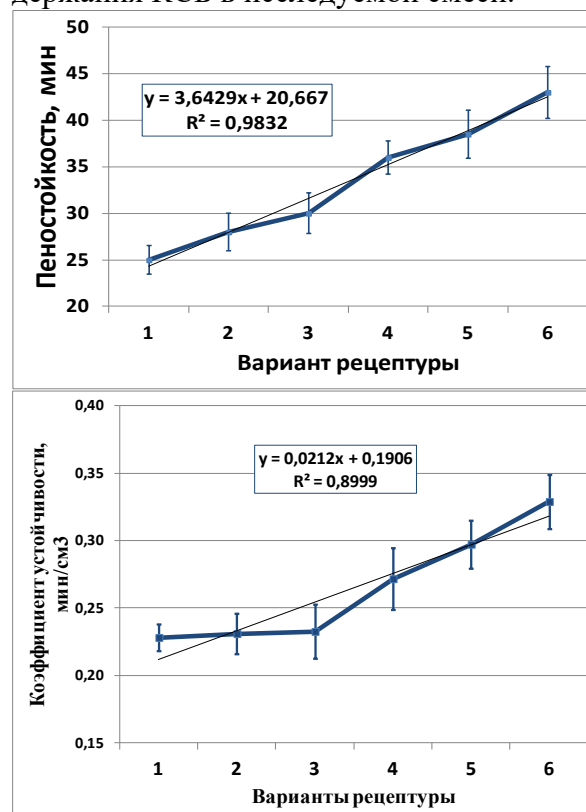


Рис.4. Коэффициент устойчивости пены, мин/см³ и пеностойкость, мин.

Fig. 4. Foam stability coefficient, min/cm³ and foam resistance, min.

Органолептическая характеристика опытных образцов представлена в таблице 6. Оценивали внешний вид, цвет, консистенцию, запах, вкус и послевкусие образцов. Давали оценку по 9-ти бальной шкале за вербальное представление.

Внешний вид и цвет образцов не имели отличий: цвет нежно-желтый, характерный для молочного сырья. Послевкусие отмечено не было. Консистенция образцов изменялась в зависимости от увеличения белкового компонента (от водянистой к более плотной), сладость снижалась от навязчивой до приятной, нарастал белковый вкус, характерный для используемого сырья.

На основании органолептических исследований образцы № 4,5,6 получили лучшие характеристики вкуса.

Таким образом, по совокупности органолептических и физико-химических показателей, а также с учетом более высокого содержания белка, оптимальной признана рецептура основы, содержащая 20 г КСБ, 10 г ДС40 и 70 г воды.

Далее изучено влияние добавления витаминного премикса на ряд физико-химических показателей выбранной рецептуры, которая в данном случае служила контролем.

В опытные образцы, содержащие 20 г КСБ, 10 г ДС40 и 70 г воды дополнительно

вносили витаминный премикс в количестве 100 мг. В таблице 7 представлены результаты определения времени растворения, кислотности и плотности контрольных и опытных образцов.

Добавление витаминов в выбранной концентрации не оказывало влияние на исследуемые физико-химические показатели.

Измерения показателей стойкости пены, таких как взбитойсть, объем внедренного воздуха и коэффициент устойчивости пены, показали отсутствие достоверных отличий при добавлении витаминов в состав рецептуры.

Органолептическая характеристика опытных образцов представлена в таблице 8.

Таблица 6. Органолептическая характеристика опытных образцов

Table 6. Organoleptic characteristics of test samples

Номер варианта	Описание органолептических показателей	Вербальное представление
1	Консистенция водянистая. Вкус очень сладкий, характерный для молочного сыря.	7,2
2	Консистенция водянистая. Вкус чуть менее сладкий, характерный для молочного сыря.	7,2
3	Консистенция менее водянистая, более плотная. Вкус все еще сладкий, белковый.	8,0
4	Консистенция приятная, плотная. Вкус белковый, умеренно сладкий.	8,2
5	По вкусу и текстуре схожий с образцом №4.	8,2
6	Консистенция приятная, плотная. Сладость не навязчивая, приятная. Вкус насыщенный молочно-белковый.	8,5

Таблица 7. Физико-химические показатели образцов

Table 7. Physicochemical parameters of samples

Варианты рецептур	Плотность, кг/м ³	Активная кислотность, единицы pH	Время растворения, с	Вязкость, мПа·с
Контроль	1,092±0,001	6,16-6,23	322±10	10,1±0,1
Опыт	1,094±0,001	6,09-6,16	325±8	10,2±0,1

Таблица 8. Органолептическая характеристика опытных образцов

Table 8. Organoleptic characteristics of test samples

Номер варианта	Описание органолептических показателей	Вербальное представление
6	Консистенция приятная, плотная. Сладость не навязчивая, приятная. Вкус насыщенный молочно-белковый.	8,5
7	Консистенция приятная, плотная. Сладость не навязчивая, приятная. Вкус насыщенный молочно-белковый. Появился не интенсивный кисловатый привкус, который остается в послевкусии.	8,0

Дегустаторами отмечено изменение вкуса базовой рецептуры, появилась легкая кислинка, которая остается в послевкусии, что несколько снизило общую оценку восприятия.

Заключение.

Путем исследования комплекса показателей, таких как растворимость, кислотность, вязкость, плотность, пеностойкость и органолептической характеристики обоснован макронутриентный состав обогащенной витаминами сухой смеси из КСБ,

ДС40, для создания специализированных пищевых продуктов многоцелевого назначения, которая может быть использована в том числе для повышения иммунореактивности организма. В условиях эксперимента по совокупности органолептических и физико-химических показателей, а также с учетом более высокого содержания белка в продукте, оптимальной признана рецептура основы, в которой масса КСБ составляет 20 %, а ДС40 – 10 % от массы гидратированной системы.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effects of spray drying and freeze drying on the protein profile of whey protein concentrate / Haas J. [et al.] // *J Food Sci.* 2024. Vol. 89, No. 11. P. 7477-7493. DOI: 10.1111/1750-3841.17349.
2. Shahbazi R., Esmaceli S., Sohrabvandi S., Mortazavian A., Jazayeri S., Taslimi A. Health-Related Aspects of Milk Proteins / Davoodi S.H. [et al.] // *Iran J Pharm Res.* 2016. Vol. 15, No. 3. P. 573-591.
3. Bastian E., Harper W.J. Emerging health benefits of whey // *Dairy Council Digest.* 2003. No. 74. P. 31-36.
4. Whey protein isolate protects against cyclophosphamide-induced acute liver and kidney damage in rats / Mansour D.F. [et al.] // *J Appl Pharm Sci.* 2017. Vol. 7, No. 6. P. 111-120. DOI: 10.7324/JAPS.2017.70615.
5. Ameliorative potential of whey protein hydrolysate against paracetamol-induced oxidative stress / Athira S. [et al.] // *J Dairy Sci.* 2013. Vol. 96, No. 3. P. 1431-1437. DOI: 10.3168/jds.2012-6080.
6. Livney Y.D. Milk proteins as vehicles for bioactives // *Current opinion in colloid & interface science.* 2010. Vol. 15, No. (1/2). P. 73-83. DOI: 10.1016/j.cocis.2009.11.002.
7. Characterization of milk proteins-lutein complexes and the impact on lutein chemical stability / Yi J. [et al.] // *Food Chem.* 2016. No. 200. P. 91-97. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.035.
8. Hammam A.R.A., Martínez-Monteagudo S.I., Metzger L.E. Progress in micellar casein concentrate: Production and applications // *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2021. No. 20. P. 4426-4449. DOI: 10.1111/1541-4337.12795.
9. Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins / Madureira A.R. [et al.] // *J Dairy Sci.* 2010. Vol. 93, No. 2. P. 437-455. DOI: 10.3168/jds.2009-2566.
10. Омельчук В.И., Калиновская Т.В., Гаврилов А.В. Обоснование выбора сырья и рецептурных ингредиентов для производства молочных десертов на основе деминерализованной сыворотки // *Вестник ВГУИТ.* 2023. Т. 85, № 1. С. 64-70. DOI:10.20914/2310-1202-2023-1-64-70.
11. Marshall K. Therapeutic applications of whey protein // *Altern Med Rev.* 2004. Vol. 9, N. 2. P. 136-156.
12. Whey and Whey Powders: Production and Uses. In: Caballero B., Finglas P.M., Toldrá F., editors / Ramos Ó.L. [et al.] // *The Encyclopedia of Food and Health.* New-York: Academic Press, 2016. 4013 p.
13. Юрова Е.А., Кобзева Т.В., Фильчакова С.А. Деминерализованная молочная сыворотка как основное сырье для производства продуктов специализированного питания // *Пищевая промышленность.* 2022. № 3. С. 64-67.
14. Role for Folate in Microbiome-Linked Control of Autoimmunity / Mölzer C. [et al.] // *J Immunol Res.* 2021. No. 2021. P. 9998200. DOI: 10.1155/2021/9998200.
15. High-Dose Vitamin B6 (Pyridoxine) Displays Strong Anti-Inflammatory Properties in Lipopolysaccharide-Stimulated Monocytes / Mikkelsen K. [et al.] // *Biomedicines.* 2023. Vol. 11, No. 9. P. 2578. DOI: 10.3390/biomedicines11092578.
16. Carr A.C., Maggini S. Vitamin C and Immune Function // *Nutrients.* 2017. Vol. 9, No. 11. P. 1211. DOI: 10.3390/nu9111211.
17. O'Leary F., Samman S. Vitamin B12 in health and disease // *Nutrients.* 2010. Vol. 2, No. 3. P. 299-316. DOI: 10.3390/nu2030299.
18. Sanlier N., Guney-Coskun M. Vitamin D, the immune system, and its relationship with diseases // *Egypt Pediatric Association Gaz.* 2022. Vol. 70, No. 1. P. 39. DOI: 10.1186/s43054-022-00135-w.
19. Suraiya S., Ahmmed M.K., Haq M. Immunity boosting roles of biofunctional compounds available in aquafoods: A review // *Heliyon.* 2022. Vol. 8, No. 5. P. e09547. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09547.
20. Lewis E.D., Meydani S.N., Wu D. Regulatory role of vitamin E in the immune system and inflammation // *IUBMB Life.* 2019. Vol. 71. No. 4. P. 487-494. DOI: 10.1002/iub.1976.

REFERENCES

1. Effects of spray drying and freeze drying on the protein profile of whey protein concentrate / Haas J. [et al.] // *J Food Sci.* 2024. Vol. 89, No. 11. P. 7477-7493. DOI: 10.1111/1750-3841.17349.

2. Shahbazi R., Esmaeili S., Sohrabvandi S., Mortazavian A., Jazayeri S., Taslimi A. Health-Related Aspects of Milk Proteins / Davoodi S.H. [et al.] // Iran J Pharm Res. 2016. Vol. 15, No. 3. P. 573-591.
3. Bastian E., Harper W.J. Emerging health benefits of whey // Dairy Council Digest. 2003. No. 74. P. 31-36.
4. Whey protein isolate protects against cyclophosphamide-induced acute liver and kidney damage in rats / Mansour D.F. [et al.] // J Appl Pharm Sci. 2017. Vol. 7, No. 6. P. 111-120. DOI: 10.7324/JAPS.2017.70615.
5. Ameliorative potential of whey protein hydrolysate against paracetamol-induced oxidative stress / Athira S. [et al.] // J Dairy Sci. 2013. Vol. 96, No. 3. P. 1431-1437. DOI: 10.3168/jds.2012-6080.
6. Livney Y.D. Milk proteins as vehicles for bioactives // Current opinion in colloid & interface science. 2010. Vol. 15, No. (1/2). P. 73-83. DOI: 10.1016/j.cocis.2009.11.002.
7. Characterization of milk protein-lutein complexes and the impact on lutein chemical stability / Yi J. [et al.] // Food Chem. 2016. No. 200. P. 91-97. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.01.035.
8. Hammam A.R.A., Martínez-Monteagudo S.I., Metzger L.E. Progress in micellar casein concentrate: Production and applications // Compr Rev Food Sci Food Saf. 2021. No. 20. P. 4426-4449. DOI: 10.1111/1541-4337.12795.
9. Invited review: physiological properties of bioactive peptides obtained from whey proteins / Madsen A.R. [et al.] // J Dairy Sci. 2010. Vol. 93, No. 2. P. 437-455. DOI: 10.3168/jds.2009-2566.
10. Omelchuk, V.I., Kalinovskaya, T.V., Gavrilov, A.V. Justification of the choice of raw materials and formulation ingredients for the production of dairy desserts based on demineralized whey // Bulletin of VSUET. 2023. Vol. 85, Issue 1. P. 64-70. DOI:10.20914/2310-1202-2023-1-64-70. [In Russ.]
11. Marshall K. Therapeutic applications of whey protein // Altern Med Rev. 2004. Vol. 9, No. 2. P. 136-156.
12. Whey and Whey Powders: Production and Uses. In: Caballero B., Finglas P.M., Toldrá F., editors / Ramos O.L. [et al.] // The Encyclopedia of Food and Health. New-York: Academic Press, 2016. 4013 p.
13. Yurova, E.A., Kobzeva, T.V., Filchakova, S.A. Demineralized whey as the main raw material for the production of specialized nutrition products // Food industry. 2022. Issue 3. P. 64-67. [In Russ.]
14. Role for Folate in Microbiome-Linked Control of Autoimmunity / Mølzer C. [et al.] // J Immunol Res. 2021. No. 2021. P. 9998200. DOI: 10.1155/2021/9998200.
15. High-Dose Vitamin B6 (Pyridoxine) Displays Strong Anti-Inflammatory Properties in Lipopolysaccharide-Stimulated Monocytes / Mikkelsen K. [et al.] // Biomedicines. 2023. Vol. 11, No. 9. P. 2578. DOI: 10.3390/biomedicines11092578.
16. Carr A.C., Maggini S. Vitamin C and Immune Function // Nutrients. 2017. Vol. 9, No. 11. P. 1211. DOI: 10.3390/nu9111211.
17. O'Leary F., Samman S. Vitamin B12 in health and disease // Nutrients. 2010. Vol. 2, No. 3. P. 299-316. DOI: 10.3390/nu2030299.
18. Sanlier N., Guney-Coskun M. Vitamin D, the immune system, and its relationship with diseases // Egyptian Pediatric Association Gaz. 2022. Vol. 70, No. 1. P. 39. DOI: 10.1186/s43054-022-00135-w.
19. Suraiya S., Ahmmed M.K., Haq M. Immunity boosting roles of biofunctional compounds available in aquafoods: A review // Heliyon. 2022. Vol. 8, No. 5. P. e09547. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09547.
20. Lewis E.D., Meydani S.N., Wu D. Regulatory role of vitamin E in the immune system and inflammation // IUBMB Life. 2019. Vol. 71.No. 4. P. 487-494. DOI: 10.1002/iub.1976.

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

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

Билялова Анастасия Сергеевна, кандидат технических 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/0000-0002-1162-7015>, e-mail: asbilyalova@gmail.com

Петров Никита Александрович, 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, аспирант, лаборант-исследователь 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

Никитюк Дмитрий Борисович, доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, директор федерального государственного бюджетного учреждения науки, 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/0000-0002-4968-4517>, e-mail: dimitrynik@mail.ru

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

Yuliya S. Sidorova, PhD (Biology), Senior Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Center 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

Anastasiya S. Bilyalova, PhD (Eng.), Researcher, Laboratory of Food Biotechnology and Specialized Products, Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14 Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1162-7015>, e-mail: asbilyalova@gmail.com

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

Dmitry B. Nikityuk, Dr Sci. (Medicine), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Federal Research Center for Nutrition, Biotechnology and Food Safety; 109240, the Russian Federation, Moscow, 2/14 Ustinsky proezd, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-4517>, e-mail: dimitrynik@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Сидорова Юлия Сергеевна, Билялова Анастасия Сергеевна, Бирюлина Надежда Александровна – проведение эксперимента.

Новокшанова Алла Львовна, Петров Никита Александрович – подбор литературных источников.

Петров Никита Александрович – оформление статьи по требованиям журнала.

Сидорова Юлия Сергеевна, Билялова Анастасия Сергеевна, Бирюлина Надежда Александровна – разработка методики исследования, валидация данных.

Никитюк Дмитрий Борисович – редактирование, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи

Claimed contribution of the authors

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

Alla L. Novokshanova, Nikita A. Petrov – selection of literary sources.

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

Yulia S. Sidorova, Anastasia S. Bilyalova, Nadezhda A. Biryulina – development of the research methodology, data validation.

Dmitry B. Nikityuk – editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article

Поступила в редакцию 27.10.2025

Поступила после рецензирования 28.11.2025

Принята к публикации 01.12.2025

Received 27.10.2025

Revised 28.11.2025

Accepted 01.12.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-101-110>
УДК 637.521.475:[636.39:633.682:633.861.2]:641.51



Разработка рецептуры пельменей с добавлением козьего мяса, тапиоки и шафрана

Е.В. Ражина✉, Е.С. Смирнова, И.М. Хайрова,
О.А. Быкова, П.С. Галушина

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный аграрный университет»;
г. Екатеринбург Российская Федерация,
✉eva.mats@mail.ru*

Аннотация. Введение. Проведены исследования, направленные на разработку рецептуры и анализ качества пельменей, изготовленных с внесением козьего мяса, тапиоки и шафрана. **Цель исследования.** Цель исследования заключалась в разработке рецептуры пельменей с добавлением козьего мяса, тапиоки и шафрана. **Объекты и методы исследования.** В качестве основного сырья для производства контрольного образца использовали говядину и свинину, опытных образцов – свинину и козье мясо. Из растительных компонентов вносили тапиоку (от 8 до 32%) и шафран (от 1 до 6%). Органолептическую оценку готовых изделий проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 33394-2015 и согласно 5-балльной шкале. Из физико-химических показателей оценивали массовую долю мясного фарша к массе пельменя, массовую долю поваренной соли методом Мора, массовую долю мышечной ткани, толщину тестовой оболочки пельменя и толщину тестовой оболочки в местах заделки, массу одного пельменя. **Результаты и обсуждение.** Разработана рецептура пельменей на 100 кг мяса и начинки. Определены содержание белков, жиров, углеводов и энергетическая ценность на 100 г полуфабриката. Образец №1 имел наиболее высокую энергетическую ценность. Самое низкое содержание жиров характерно для образца №2. Образцы №4 и №5 имели промежуточные значения по основным показателям. Рассмотрена технология производства пельменей, тапиока и шафран вносились на стадии приготовления фарша. По результатам органолептической оценки определено, что лучшие показатели внешнего вида, структуры на разрезе, запаха и вкуса имели образцы №1 и №4. Результаты физико-химических испытаний свидетельствуют о наибольшем содержании поваренной соли в образце №5, более высоком количестве мясного фарша к массе пельменя – 53% и минимальной массовой доле мышечной ткани – 57% в образце №3. **Заключение.** В результате проведенных исследований лучшим признан обогащенный образец №4. Рекомендуем мясоперерабатывающим предприятиям внедрить в производство пельмени с добавлением козьего мяса, тапиоки и шафрана в концентрации 16% тапиоки и 3% шафрана от массы мясного сырья.

Ключевые слова: пельмени, рецептура, технология производства, тапиока, шафран, козье мясо, оценка качества

Для цитирования Ражина Е.В., Смирнова Е.С., Хайрова И.М., Быкова О.А., Галушина П.С. Разработка рецептуры пельменей с добавлением козьего мяса, тапиоки и шафрана. *Новые технологии / New technologies.* 2025; 21(4): 101-110. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-101-110>

Developing a recipe for dumplings with goat meat, tapioca, and saffron

E.V. Razhina✉, E.S. Smirnova, I.M. Khayrova,
O.A. Bykova, P.S. Galushina

Ural State Agrarian University; Yekaterinburg, the Russian Federation,
✉eva.mats@mail.ru

Abstract. Introduction. The research was conducted to develop a recipe and analyze the quality of dumplings made with goat meat, tapioca, and saffron. **The goal of the research** was to develop a recipe for dumplings with goat meat, tapioca, and saffron. **The objectives and methods.** Beef and pork were used as the main raw materials for the production of the control sample, while pork and goat meat were used for the test samples. Of the plant components, tapioca (from 8 to 32%) and saffron (from 1 to 6%) were added. The organoleptic evaluation of the finished products was carried out in accordance with the requirements of GOST 33394-2015 and on a 5-point scale. The following physical and chemical indicators were assessed: the mass fraction of minced meat to the dumpling mass, the mass fraction of table salt using the Mohr method, the mass fraction of muscle tissue, the thickness of the dumpling dough shell and the thickness of the dough shell at the sealing points, and the mass of one dumpling. **The results and discussion.** A dumpling recipe was developed for 100 kg of meat and filling. The content of proteins, fats, carbohydrates and the energy value per 100 g of the semi-finished product were determined. Sample No. 1 had the highest energy value. The lowest fat content was characteristic of sample No. 2. Samples No. 4 and No. 5 had intermediate values for the main indicators. A dumpling production technology was examined, with tapioca and saffron added during the minced meat preparation stage. Organoleptic evaluation revealed that samples 1 and 4 demonstrated the best appearance, cross-sectional texture, aroma, and taste. Physical and chemical testing revealed the highest salt content in Sample 5, a higher minced meat content relative to dumpling weight (53%), and a lower muscle mass percentage (57%) in sample 3. **Conclusion.** Based on the results of the research, enriched Sample 4 was recognized as the best. We recommend that meat processing plants introduce dumplings with the addition of goat meat, tapioca, and saffron at a concentration of 16% tapioca and 3% saffron based on the meat mass.

Keywords: dumplings, recipe, production technology, tapioca, saffron, goat meat, quality assessment

For citation: Razhina E.V., Smirnova E.S., Khayrova I.M., Bykova O.A., Galushina P.S. Developing a recipe for dumplings with goat meat, tapioca and saffron. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 101-110. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-101-110>

Введение. Оптимальное питание имеет основополагающее значение для здоровья человека, его работоспособности и адаптации к стрессовым факторам окружающей среды [1]. Продукты животного происхождения играют значительную роль в сбалансированном питании человека, являются важной частью ежедневного рациона. Мясное сырье используют для производства разных групп продуктов питания животного происхождения [2]. Мясо сельскохозяйственных животных имеет высокую биологическую ценность за счет содержания в нем макро и микронутриентов, белков. В последнее время наблюдается динамичное

развитие направления мясной промышленности – производства полуфабрикатов из мяса [3]. Большинство населения имеет высокую занятость и недостаток времени для приготовления пищи, соответственно возрастает спрос на полуфабрикаты [3-5]. Одним из распространенных видов мясных полуфабрикатов являются пельмени. Они представляют собой замороженные мясные полуфабрикаты в тесте [6].

Перспективным направлением в настоящее время является комплексное использование мясного и растительного сырья при производстве мясных продуктов, что позволяет пополнить ежедневный рацион питания

полезными составляющими и расширить ассортимент продукции [3, 7-11]. Перед производителями стоит задача – разработать новые продукты, отвечающие современным требованиям к качеству питания [12].

Растительные компоненты могут использоваться в качестве источников разных веществ, имеющих лечебно-профилактическое воздействие: стимулирующий эффект, улучшение обмена веществ, нормализацию внутренних систем организма, устойчивость к внешним факторам. Интерес представляют культуры нетрадиционной направленности: тыква, топинамбур, свекла, помидоры, кукуруза и др. [13]. В последнее время появляется много инновационных разработок, направленных на использование в рецептуре мясных продуктов различных растительных добавок [14].

Авторами разработана рецептура и технология пельменей из мяса оленя с использованием порошка папоротника. Результаты исследований свидетельствуют о высоких органолептических качествах продукта при использовании порошка папоротника в количестве 6% взамен мясного сырья. Разработанный полуфабрикат расширит ассортимент и повысит эффективность производства мясной отрасли Сибирского региона за счет рационального использования сырья растительного и животного происхождения [2].

Зачесовой И.А. и соавторами использовано мясо кролика и кабачок при производстве пельменей. Установлена норма по внесению кабачка при разработке рецептуры. При внесении в рецептуру пельменей кабачка фарш становился сочным и нежным, пельмени имели высокие органолептические свойства. Производство комбинированных продуктов будет способствовать расширению ассортимента продукции и рациональному использованию сырьевых ресурсов [3].

Сухаревой Т.Н. и соавторами разработана рецептура полуфабрикатов в тесте с растительным сырьем для профилактического питания. Исследования показали, что у всех

опытных образцов уменьшилось содержание жира, золы и энергетическая ценность, повысилось содержание витаминов, пищевых волокон. Содержание белка в опытных образцах фарша из мяса индейки с внесением брокколи незначительно ниже в сравнении с фаршем из говядины и свинины [15].

Проведены научные исследования в области разработки технологии новых видов низкокалорийных мясных полуфабрикатов (пельменей с добавлением шпината в начинку). Введение шпината способствовало обогащению продуктов минералами, витаминами и пищевыми волокнами. Улучшены функциональные свойства: способность связывать воду и жир, что влияет на снижение потерь при производстве продукции [16-17].

Одним из редких и перспективных видов растительного сырья является тапиока. Тапиоку изготавливают из очищенных корней тропического растения маниока, произрастающего в Южной Америке. Тапиока практически не содержит белков, жиров и клетчатки, состоит в основном из углеводов, воды, витаминов (группы В) и минеральных веществ (кальций, фосфор, калий, железо). Тапиоку реализуют в виде небольших шариков или порошка. Она является отличным загустителем [18].

В мясные продукты могут вводить пряности для улучшения вкусовых и ароматических свойств. Например, в качестве пряности и пищевого красителя оранжевого цвета возможно использовать шафран. Вообще шафран часто вносят в рецептуру хлебобулочных изделий. Растение шафран оказывает седативное, антидепрессивное, противоопухолевое воздействие на организм [19].

В основном для производства пельменей из мясного сырья используют свинину, говядину, мясо птицы, реже мясо кролика, оленину. В процессе обзора литературного поля определено, что козье мясо в производстве пельменей не использовалось. Козлятину по питательным качествам возможно сравнить с бараниной, но она отличается меньшим содержанием жира, у коз практически отсут-

ствует подкожный и межмышечный жир. Мясо немного темнее баранины. По количеству витаминов (А, В1 и В2) мясо коз превосходит мясо животных других видов, содержание холестерина в козьем мясе ниже, чем в говядине и свинине [20].

Цель исследования состояла в разработке рецептуры пельменей с добавлением козьего мяса, тапиоки и шафрана.

Материал и методы исследования. Исследования проведены в лаборатории кафедры биотехнологии и пищевых продуктов ФГБОУ ВО «Уральского ГАУ». В качестве сырья животного происхождения для изготовления контрольного образца пельменей использовали свинину и говядину, опытных образцов - свинину и козье мясо. Для производства контрольного образца (№1) использовали свинину и говядину в равном соотношении. В опытные образцы вносили козье мясо в обратной зависимости от количества используемой свинины. Из растительного сырья в опытные образцы вносили тапиоку (от 8 до 32%) и шафран (от 1 до 6%). Всего произведено пять образцов пельменей.

Дегустационная оценка осуществлялась группой экспертов-дегустаторов согласно 5-балльной шкале от 1 до 5 (1 – очень низкого качества, 5 – отличного качества). Содержание белков, жиров, углеводов и энергетическую ценность определяли расчетным методом.

При проведении физико-химических исследований определяли массовую долю мясного фарша к массе пельменя, массовую долю поваренной соли методом Мора, массовую долю мышечной ткани, толщину тестовой оболочки пельменя и толщину тестовой оболочки в местах заделки, массу одного пельменя.

Результаты исследований и их обсуждение. Рецептура пельменей. В таблице 1 представлено соотношение рецептурных компонентов в опытных и контрольном образцах пельменей.

Таблица 1. Рецептура на 100 кг мяса и начинки
Table 1. Recipe for 100 kg of meat and filling

Ингредиенты	Образцы				
	1	2	3	4	5
Свинина	44	44	30	38	42,5
Говядина	44	-	-	-	-
Козье мясо	-	44	25	33	37,5
Лук	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
Соль	2	2	2	2	2
Перец	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Тапиока	-	-	28	14	7
Шафран	-	-	5	3	1
Тесто					
Мука	60				
Вода	38,5				
Соль	1,5				

Рассчитана энергетическая ценность и содержание белков, жиров, углеводов по рецептуре (табл. 2).

Таблица 2. Содержание белков, жиров, углеводов и энергетическая ценность на 100 г полуфабриката

Table 2. Content of proteins, fats, carbohydrates and energy value per 100 g of semi-finished product

Значения	Образцы				
	1	2	3	4	5
Белки, г	23	24,5	19,8	21,6	23,05
Жиры, г	19,53	11,8	8,6	10,4	11,3
Углеводы, г	51,6	51,6	79,77	66	58,5
Энергетическая ценность, ккал	465,6	402	459,7	433,4	418,7

Образец №3 выделяется высоким содержанием углеводов и низким содержанием жиров, что делает его подходящим для диет с акцентом на углеводы. Образец №1 (контрольный) характеризуется наибольшей энергетической ценностью (465,6 ккал) благодаря высокому содержанию жиров и умеренному количеству углеводов. Образец №2 имеет самое низкое содержание жиров среди всех образцов, что может быть полезно для людей, стремящихся ограничить потребление жиров. Образцы №4 и №5 обладают средними значениями, их можно охарактеризовать как сбалансированные по основным питательным веществам, что делает их универсальным выбором для повседневного рациона.

Технология производства пельменей.

Технологический процесс производства пельменей выполняется согласно технологи-

ческой схеме и состоит из следующих основных этапов, представленных на рисунке 1.

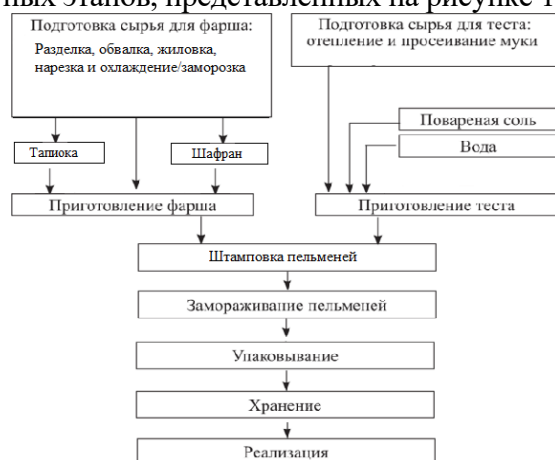


Рис. 1. Технологическая схема производства пельменей

Fig. 1. Flow chart of dumpling production

Подготовка сырья

Мясо нарезали на небольшие куски, подходящие для последующей обработки на мясорубке. Для производства теста использовали пшеничную хлебопекарную муку высшего сорта. Муку предварительно просеяли через сито.

Приготовление фарша

Измельченное мясное сырье и репчатый лук пропустили через волчок с диаметром от-

верстий в режущей решетке 3 мм. Внесли порошок шафрана и тапиоки в соответствии с рецептурой. Измельченное мясное сырье и дополнительные ингредиенты (соль, перец, тапиоку, шафран и лук) внесли в фаршемешалку, перемешивание длилось 5-7 минут до получения однородного фарша. Готовый фарш выгрузили в емкость из пищевой нержавеющей стали и отправили на созревание при температуре 1-3°C в течение 2 часов.

Приготовление теста

Тесто изготавливали ручным способом с использованием всех ингредиентов, указанных в рецептуре, тщательно перемешивали и обминали до получения однородной и эластичной массы.

Штамповка пельменей

Пельмени лепили ручным способом примерно одинаковой формы и размеров.

Заморозка пельменей

Пельмени замораживали в морозильных камерах при температуре не ниже -18°C.

Оценка качества пельменей

При проведении органолептической оценки определяли внешний вид, вид на разрезе запах и вкус готовых изделий (табл. 3).

Таблица 3. Результаты органолептической оценки
Table 3. The results of organoleptic evaluation

Исследуемые образцы	Оцениваемые показатели		
	Внешний вид	Вид на разрезе	Запах и вкус
Образец №1	Пельмени не слипшиеся, имеют форму полукруга. Края хорошо заделаны, фарш не выступает, поверхность сухая. Цвет оболочки из теста – белый с кремовым оттенком.	Начинка в тестовой оболочке, имеющая вид однородной, равномерно перемешанной массы мясного сырья с включениями лука. Цвет начинки серо-коричневый.	Приятный вкус и аромат, свойственные данному виду продукта, фарш сочный, в меру соленный, с ароматом лука.
Образец №2	Пельмени не слипшиеся, имеют форму полукруга. Края хорошо заделаны, фарш не выступает, поверхность сухая. Цвет оболочки из теста – белый с кремовым оттенком.	Начинка в тестовой оболочке, имеющая вид однородной, равномерно перемешанной массы мясного сырья с включениями лука. Цвет начинки серо-розовый.	Приятный аромат, свойственный данному виду продукта, фарш сочный, в меру соленный, с ароматом лука и легким запахом козьего мяса.
Образец №3	Пельмени не слипшиеся, имеют форму полукруга. Края хорошо заделаны, фарш не выступает, поверхность сухая. Цвет оболочки из теста – белый с оранжевым оттенком.	Начинка в тестовой оболочке, имеющая вид однородной, равномерно перемешанной массы мясного сырья с включениями лука, шафрана и тапиоки. Цвет начинки ярко оранжевый.	Аромат и вкус яркий от шафрана, фарш сухой, в меру соленный, с ароматом лука и привкусом пряности шафрана.
Образец №4	Пельмени не слипшиеся, имеют форму полукруга. Края хорошо заделаны, фарш не выступает, поверхность сухая. Цвет оболочки из теста – белый с оранжевым оттенком.	Начинка в тестовой оболочке, имеющая вид однородной, равномерно перемешанной массы мясного сырья с включениями лука, шафрана и тапиоки. Цвет начинки серо-розовый с легким оранжевым оттенком.	Приятный вкус и аромат, свойственные данному виду продукта, фарш сочный, в меру соленный, с ароматом лука и пряности шафрана.
Образец №5	Пельмени не слипшиеся, имеют форму полукруга. Края хорошо заделаны, фарш не выступает, поверхность сухая. Цвет оболочки из теста – белый с кремовым оттенком.	Начинка в тестовой оболочке, имеющая вид однородной, равномерно перемешанной массы мясного сырья с включениями лука, шафрана и тапиоки. Цвет начинки серо-розовый.	Приятный вкус и аромат, свойственный данному виду продукта, фарш сочный, в меру соленный, с ароматом лука и легкими нотками пряностей.

Все исследованные образцы пельменей обладают схожими характеристиками внешнего вида и качества заделки краев, но различаются по цвету начинки и вкусу. Каждый образец имеет форму полукруга, края хорошо заделаны, фарш не выступает, а поверхность остается сухой. Оболочка пельменей имеет цвет от белого до кремового, иногда с легким оранжевым оттенком. Начинка представляет собой однородную массу мясного сырья с добавлением лука, шафрана и тапиоки.

Основные различия проявляются в цвете начинки и вкусе. Так, образец №3 выделяется ярким оранжевым цветом начинки и выраженным вкусом и ароматом шафрана, фарш является не сочным из-за большого количества тапиоки. Образец №4 демонстрирует приятный вкус и аромат, характерный для данного типа продуктов, фарш достаточно сочный. Образцы №2 и №5 характеризуются приятным вкусом и ароматом, фарш – сочный, но не хватает болеепряного вкуса.

Таким образом, образец №4 демонстрирует наилучшее сочетание внешних характеристик, структуры начинки и вкусовых качеств, что делает его предпочтительным выбором среди исследованных образцов.

Дегустационная оценка образцов проведена экспертной комиссией в составе 5 человек. По результатам балльной оценки были получены результаты, представленные в таблице 4.

Таблица 4. Результаты дегустационной оценки

Table 4. The results of tasting evaluation

Исследуемые образцы	Баллы			Средний балл
	Внешний вид	Вид на разрезе	Запах и вкус	
Образец №1	5	5	5	5
Образец №2	5	4	3	4
Образец №3	5	4	3	4
Образец №4	5	5	5	5
Образец №5	5	5	4	4,6

Все образцы получили высокие баллы за внешний вид. Однако оценка вида на разрезе варьирует от 4 до 5 баллов, указывая на небольшие различия в структуре начинки и её распределении внутри пель-

меней. Наиболее существенные расхождения наблюдаются в оценке запаха и вкуса, где баллы колеблются от 3 до 5, что подчеркивает значительное влияние органолептических свойств на общую оценку продукта. Результаты дегустационного анализа показывают, что образцы №1 (контрольный) и №4 обладают наилучшим сочетанием внешнего вида, структуры на разрезе, запаха и вкуса, тогда как образцы №2 и №3 получили самые низкие оценки за запах и вкус (по 3 балла). Образец №5 имеет среднюю оценку.

Результаты оценки качества пельменей по физико-химическим показателям в соответствии с требованиями ГОСТ 33394-2015 представлены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты физико-химических испытаний

Table 5. The results of physical and chemical tests

Исследуемые показатели	Образцы				
	№1	№2	№3	№4	№5
Массовая доля мясного фарша к массе пельменя, %	52	52	53	52	51
Массовая доля поваренной соли, %	1,6	1,4	1,6	1,6	1,7
Массовая доля мышечной ткани в рецептуре начинки, %	60	59	57	58	59
Толщина тестовой оболочки пельменя, мм	3	3	3	3	3
Толщина тестовой оболочки в местах заделки, мм	5	5	5	5	5
Масса одного пельменя, г	25	25	25	25	25

Образец №1 (контрольный) отличается наибольшим содержанием мышечной ткани в рецептуре начинки (60%). Образец №2, где были внесены свиной и козий фарш без добавок, имеет наименьший показатель массовой доли поваренной соли (1,4%). Более высокое содержание мясного фарша к массе пельменя – 53% и наименьшая массовая доля мышечной ткани – 57% определены у образца №3, изготовленного с наибольшей концентрацией вносимого растительного сырья (тапиоки и шафрана). Образец №4 имеет средние значения по содержанию мясного фарша (52%), поваренной соли (1,6%) и мышечной ткани (58%). Образец №5 характеризуется минимальным значением массовой доли мясного фарша к массе пельменя (51%) и максималь-

ным значением массовой доли поваренной соли (1,7%).

Таким образом, все исследуемые образцы по физико-химическим показателям соответствуют требованиям нормативного документа.

Заключение. Разработана рецептура пельменей с применением козьего мяса, тапиоки и шафрана. Полученный продукт отличается гармоничным вкусом, высокой пищевой ценностью и интересными возможностями для продвижения на российском рынке.

Исследования подтвердили, что благодаря низкому содержанию жира и высо-

кому содержанию белка козье мясо идеально подходит для использования в диетических продуктах. Оно обладает мягким, нежным вкусом и хорошей текстурой, что делает его подходящим для использования в качестве начинки для пельменей.

Применение тапиоки позволило добиться оптимальной структуры фарша, обеспечивая лёгкость переваривания и улучшая восприятие продукта покупателями. Добавление шафрана обогатило вкус и аромат пельменей, добавив изысканности и подчеркнув натуральность используемого сырья.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effects of Spinach Addition on the Nutritional Value, Functional Properties, Microstructure and Shelf Life of Lamb Meat Dumplings / Nurymkhan G. [et al.] // *Applied Sciences*. 2025. No. 15 (17). P. 9556.
2. Мельникова Е.В., Гросс Л.В. Разработка рецептуры и технологии пельменей из мяса оленя с использованием папоротникового порошка // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2021. № 6 (171). С. 194-199.
3. Зачесова И.А., Шагаева Н.Н., Федулова Ю.С. Разработка рецептуры пельменей с использованием мяса кролика и кабачка // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2021. Т. 10, № 2. С. 164-168.
4. Оптимизация рецептуры рыбных пельменей с учетом требований современной диетологии / Углов В.А. [и др.] // *Инновации и продовольственная безопасность*. 2023. № 1. С. 34-39.
5. Рябова В.Ф., Миллер Д.Э., Лаптева М.Д. Нетрадиционные виды сырья для производства мясных пельменей // *Современные технологии продуктов питания*. 2015. С. 135-140.
6. Альшевский Д.Л., Смирнова Д.О. Разработка рецептуры мясных полуфабрикатов с использованием растительного, безглютенового сырья // *Наука и Образование*. 2021. Т. 4, № 2.
7. Вайтанис М.А., Ходырева З.Р. Разработка рецептуры пельменей с использованием комбинированного фарша // *Пищевые инновации и биотехнологии*. 2016. С. 286-287.
8. Разработка и оптимизация рецептуры замороженного мясорастительного полуфабриката в тестовой оболочке с применением линейного программирования / Джамакеева А.Д. [и др.] // *Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова*. 2019. № 2. С. 155-164.
9. Джамакеева А.Д. Применение инноваций в разработке рецептов новых видов мясорастительных полуфабрикатов // *Национальная ассоциация ученых*. 2020. № 54-1 (54). С. 8-11.
10. Папоротник орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) как альтернативное сырье в производстве мясных изделий / Рыгалова Е.А. [и др.] // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2021. № 2 (167). С. 151-160.
11. Зачесова И.А., Меркулова А.А., Шагаева Н.Н. Влияние порошка из клубней топинамбура на органолептические показатели рубленых полуфабрикатов из мяса // *Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума*. 2020. С. 95.
12. Сухарева Т.Н., Польшкова А.В. Разработка рецептуры пельменей из мяса кролика с использованием тыквы для здорового питания // *Наука и Образование*. 2020. Т. 3, № 3. С. 1-9.

13. Жакупбекова Ш.К., Майжанова А.О. Пельмени, обогащенные растительным сырьем // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств. 2019. С. 139-142.
14. Горохова Н.В. Применение муки из нута в технологии пельменей для функционального питания // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2023. С. 270-273.
15. Сухарева Т.Н., Родина З.Ю., Топоркова К.И. Разработка рецептуры полуфабрикатов в тесте с растительным сырьем для профилактического питания // Наука и Образование. 2020. Т. 3, № 3. С. 1-7.
16. Designing manufacturing technology of meat semi-finished products of functional use / Nazarova N.E. [et al.] // In AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2478, No. 1. P. 050016.
17. Effects of Spinach Addition on the Nutritional Value, Functional Properties, Microstructure and Shelf Life of Lamb Meat Dumplings / Nurymkhan G. [et al.] // Applied Sciences. 2025. No. 15 (17). P. 9556.
18. Снегирева Н.В. Перспективное безглютеновое сырье для производства мучных кондитерских изделий // Агропромышленный комплекс в условиях современной реальности. 2023. С. 104-110.
19. Вохмина Е.Е., Летяго Ю.А. Использование шафрана и семян льна в хлебобулочных изделиях // Научные записки ОрелГИЭТ. 2020. № 1. С. 31-34.
20. Кажыбаева Г.Т., Кенжебай К.М. Использование мяса коз в производстве деликатесного продукта // Научные инновации – аграрному производству: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию юбилею Омского ГАУ (21 февр. 2018 г.). Омск: Омский ГАУ. С. 1295-1297.

REFERENCES

1. Effects of spinach addition on the nutritional value, functional properties, microstructure and shelf life of lamb meat dumplings / Nurymkhan G. [et al.] // Applied Sciences. 2025. Issue 15 (17). P. 9556.
2. Melnikova, E.V., Gross, L.V. Development of a recipe and technology for venison dumplings using fern powder // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2021. Issue 6 (171). P. 194-199. [In Russ.]
3. Zachesova, I.A., Shagaeva, N.N., Fedulova, Yu.S. Development of a recipe for dumplings using rabbit meat and zucchini // 21st century: the results of the past and problems of the present plus. 2021. Vol. 10, Issue 2. P. 164-168. [In Russ.]
4. Optimization of the fish dumpling recipe taking into account the requirements of modern dietetics / Uglov V.A. [et al.] // Innovations and food security. 2023. Issue 1. P. 34-39. [In Russ.]
5. Ryabova, V.F., Miller, D.E., Lapteva, M.D. Non-traditional types of raw materials for the production of meat dumplings // Modern food technologies. 2015. P. 135-140. [In Russ.]
6. Alshevsky, D.L., Smirnova, D.O. Development of a recipe for semi-finished meat products using vegetable, gluten-free raw materials // Science and Education. 2021. Vol. 4, Issue 2.
7. Vaitanis, M.A., Khodyreva, Z.R. Development of a recipe for dumplings using combined minced meat // Food innovations and Biotechnology. 2016. P. 286-287.
8. Development and optimization of a recipe for a frozen meat-vegetable semi-finished product in a dough casing using linear programming / Dzhamakeeva A.D. [et al.] // Bulletin of the Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov. 2019. Issue 2. P. 155-164. [In Russ.]
9. Dzhamakeeva, A.D. Application of innovations in the development of recipes for new types of meat-vegetable semi-finished products // National Association of Scientists. 2020. Issue 54-1 (54). P. 8-11. [In Russ.]
10. Pteridium aquilinum (L.) Kuhn as an alternative raw material in the production of meat products / Rygalova E.A. [et al.] // Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University. 2021. Issue 2 (167). P. 151-160. [In Russ.]
11. Zachesova, I.A., Merkulova, A.A., Shagaeva, N.N. Influence of Jerusalem artichoke tuber powder on the organoleptic properties of chopped semi-finished meat products // Collection of scientific articles based on the results of the International Scientific Forum. 2020. P. 95. [In Russ.]
12. Sukhareva, T.N., Polshkova, A.V. Development of a recipe for dumplings from rabbit meat using pumpkin for healthy nutrition // Science and Education. 2020. Vol. 3, Issue 3. P. 1-9. [In Russ.]
13. Zhakupbekova, Sh.K., Maizhanova, A.O. Dumplings enriched with plant materials // Modern problems of food production engineering and technology. 2019. P. 139-142. [In Russ.]

14. Gorokhova, N.V. Use of chickpea flour in dumpling technology for functional nutrition // Current issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. 2023. P. 270-273. [In Russ.]
15. Sukhareva, T.N., Rodina, Z.Yu., Toporkova, K.I. Development of a recipe for semi-finished products in dough with plant-based raw materials for preventive nutrition // Science and Education. 2020. Vol. 3, Issue 3. P. 1-7. [In Russ.]
16. Designing manufacturing technology of meat semi-finished products of functional use / Nazarova N.E. [et al.] // In AIP Conference Proceedings. 2022. Vol. 2478, Issue 1. P. 050016.
17. Effects of spinach addition on the nutritional value, functional properties, microstructure and shelf life of lamb meat dumplings / Nurymkhan G. [et al.] // Applied Sciences. 2025. Issue 15 (17). P. 9556.
18. Snegireva, N.V. Promising gluten-free raw materials for the production of flour confectionery // Agro-industrial complex in the context of modern reality. 2023. P. 104-110. [In Russ.]
19. Vokhmina, E.E., Letyago, Yu.A. Use of saffron and flax seeds in bakery products // Scientific notes of Orelgiet. 2020. Issue 1. P. 31-34. [In Russ.]
20. Kazhibaeva, G.T., Kenzhebay, K.M. Use of goat meat in the production of a delicacy product // Scientific innovations for agricultural production: proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of Omsk State Agrarian University (February 21, 2018). Omsk: Omsk State Agrarian University. P. 1295-1297. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Ражина Ева Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры биотехнологии пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6305-1783>, e-mail: eva.mats@mail.ru

Смирнова Екатерина Сергеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2116-121X>, e-mail: ekaterina-kazantseva@list.ru

Хайрова Инна Михайловна, кандидат биологических наук, доцент кафедры хирургии, акушерства, микробиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0648-669X>, e-mail: khairova70@mail.ru

Быкова Ольга Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0753-1539>, e-mail: olbyk75@mail.ru

Галушина Полина Сергеевна, старший преподаватель кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный аграрный университет»; 620075, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. Карла-Либкнехта, д. 42, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9602-0991>, e-mail: sid-polina@yandex.ru

Eva V. Razhina, PhD (Biology), Associate Professor, the Department of Food Biotechnology, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6305-1783>, e-mail: eva.mats@mail.ru

Ekaterina S. Smirnova, PhD (Agriculture), Associate Professor, the Department of Biotechnology and Food Products, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2116-121X>, e-mail: ekaterina-kazantseva@list.ru

Inna M. Khairova, PhD (Biology), Associate Professor, the Department of Surgery, Obstetrics, and Microbiology, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0648-669X>, e-mail: khairova70@mail.ru

Olga A. Bykova, Dr Sci. (Agriculture), Professor, Department of Biotechnology and Food Products, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0753-1539>, e-mail: olbyk75@mail.ru

Polina S. Galushina, Senior Lecturer, Department of Biotechnology and Food Products, Ural State Agrarian University; 620075, the Russian Federation, Yekaterinburg, 42 Karl-Libknecht St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9602-0991>, e-mail: sid-polina@yandex.ru

Заявленный вклад авторов

Ражина Ева Валерьевна – проведение эксперимента.

Смирнова Екатерина Сергеевна – проведение эксперимента.

Хайрова Инна Михайловна – оформление статьи по требованиям журнала.

Быкова Ольга Александровна – валидация данных, разработка методики исследования.

Галушина Полина Сергеевна – подбор литературных источников.

Claimed contribution of the authors

Eva V. Razhina – conducting the experiment.

Ekaterina S. Smirnova – conducting the experiment.

Inna M. Khayrova – article formatting according to the requirements of the Journal.

Olga A. Bykova – data validation, research methodology development.

Polina S. Galushina – literature review.

Поступила в редакцию 17.10.2025

Поступила после рецензирования 20.11.2025

Принята к публикации 21.11.2025

Received 17.10.2025

Revised 20.11.2025

Accepted 21.11.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-111-120>

УДК 613.292:338.2



Инновационные решения в производстве функциональных пищевых продуктов

И.В. Соболев✉, Л.В. Донченко, Е.А. Красносельова,
А.А. Варивода, Е.С. Савченко

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

Аннотация. Введение. Использование функциональных пищевых продуктов в ежедневном питании способствует сохранению здоровья и продлению активного долголетия. В ассортименте функциональных продуктов все чаще встречаются продукты, в состав которых входит нетрадиционное растительное сырье. Одним из таких видов являются продукты на основе плодов шелковицы. В составе плодов шелковицы содержатся ценные пищевые ингредиенты, обуславливающие не только их пищевую, но и фармакологическую ценность. Высокое содержание витаминов, минеральных веществ и красящих веществ, позволяет использовать плоды шелковицы в качестве разнообразных десертов и лечебных продуктов. **Целью исследования** была разработка новых функциональных десертов на основе плодов шелковицы, содержащих натуральный сахарозаменитель. Разработанные десерты могут быть использованы и для людей, больных сахарным диабетом и для людей, следящих за своим здоровьем и ведущих активный образ жизни. **Объекты и методы исследования.** В процессе исследования нетрадиционных видов растительного сырья и продуктов на его основе применяли стандартизированные методики исследования с использованием современного лабораторного оборудования, средств контроля и измерений, а также методы дегустационного анализа для оценки качества разработанных продуктов. **Результаты и обсуждение.** В процессе проведения исследований авторами установлено, что плоды шелковицы черной содержат значительный комплекс биологически активных веществ (витаминов, минеральных соединений, красящих веществ), которые являются полезными для организма. На основании полученных результатов были разработаны фруктовые десерты на основе плодов шелковицы. В рецептуру десертов в качестве заменителя сахара вводили сорбит, а для гармонизации вкуса использовали плоды лимонов и апельсинов. Разработанные десерты прошли дегустационную оценку и оценку органолептических и физико-химических показателей качества. **Заключение.** Разработка и внедрение в производство новых функциональных продуктов на основе нетрадиционных видов растительного сырья позволит увеличить ассортимент полезных продуктов отечественного производства и повысить их доступность для потребителя.

Ключевые слова: функциональные продукты, растительное сырье, плоды шелковицы, пищевая ценность, фруктовый десерт, шелковица черная, дегустация, качество

Для цитирования: Соболев И.В., Донченко Л.В., Красносельова Е.А., Варивода А.А., Савченко Е.С. Инновационные решения в производстве функциональных пищевых продуктов. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 111-120. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-111-120>

Innovative solutions in functional food production

I.V. Sobol✉, L.V. Donchenko, E.A. Krasnoselova,
A.A. Varivoda, E.S. Savchenko

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

Abstract. Introduction. The use of functional foods in the daily diet promotes health and prolongs active longevity. Functional foods increasingly include products containing non-traditional plant ingredients, e.g. mulberry-based products. Mulberries contain valuable food ingredients that provide not only nutritional but also pharmacological value. High content of vitamins, minerals, and coloring agents allows them to be used in a variety of desserts and medicinal products. The goal of the research was to develop new functional desserts based on black mulberry fruits containing a natural sweetener. The developed desserts can be used by people with diabetes mellitus and by people who care of their health and lead an active lifestyle. **The objects and methods of the research.** Non-traditional types of plant-based raw materials and products based on them were studied, and standardized research methods were used with the use of modern laboratory equipment, control and measurement tools, as well as taste analysis methods to evaluate the quality of the developed products. **The results and discussion.** It has been found that black mulberry fruits contain a significant complex of biologically active substances (vitamins, mineral compounds, colorants), which are beneficial for the body. Using the obtained results, fruit desserts based on mulberry fruits have been developed. Sorbitol is added to the dessert recipe as a sugar substitute, and lemons and oranges are used to harmonize the taste. The taste of the developed desserts have been evaluated and organoleptic and physicochemical quality indicators assessed. **Conclusion.** The development and introduction of new functional products based on non-traditional plant-based raw materials will expand the range of healthy domestically produced products and make them more accessible to consumers.

Keywords: functional products, plant-based raw materials, mulberry, nutritional value, fruit dessert, black mulberry, tasting, quality

For citation: Sobol I.V., Donchenko L.V., Krasnoselova E.A., Varivoda A.A., Savchenko E.S. Innovative solutions in functional food production. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 111-120. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-111-120>

Введение. Расширение ассортимента функциональных пищевых продуктов на основе растительного сырья требует углубленного знания химического состава тех компонентов, которые входят в состав продукта. Присутствие в растительных компонентах высокого содержания витаминов, минеральных соединений, пищевых волокон и других биологически активных веществ, несущих прямую пользу организму человека, является основополагающим фактором, отвечающим за включение компонента в рецептуру того или иного продукта.

По этой причине в традиционные рецепты все чаще включают новые виды сы-

рья, мало используемые ранее или незаслуженно забытые. Одним из таких видов являются плоды шелковицы.

Шелковица, или тутовое дерево, или тутовник (лат. *Morus*), относится к семейству Тутовых (лат. *Moraceae*). Этот род объединяет около 20 видов древесных растений, получивших наибольшее распространение в субтропиках и теплом умеренном климате Северной Америки, Африки и Азии. В восточной части ареала большее распространение из дикорастущих форм получила шелковица крупнохвостная (лат. *Morus macroura*). В западной части в основном растет шелковица белая (лат. *Morus alba*). На территории России в дико-

растущем виде найдена только шелковица атласная (*лат. Morus bombycis*). Упоминания о плодах шелковицы встречаются еще с древних времен. В разных странах выращивают три вида шелковицы: черную, красную и белую. Чаще встречаются черная и белая шелковица, красная значительно реже. В России шелковица растет в Крыму, на Северном Кавказе и в Европейской части [1, 2].

Плоды шелковицы разнообразны не только по окраске, но и по форме, размеру и вкусу. Окраска плодов варьируется от белой до розовато-белой или желтой. У красной шелковицы окраска плодов – от ярко-красной до темно-красной или пурпурной, у черной шелковицы цвет плодов темно-фиолетовый или почти черный. Плоды шелковицы очень нежные и ароматные, их едят в свежем виде и используют для переработки. Из шелковицы готовят варенье, сок, кисели, джем, различные начинки для кондитерской промышленности, вино. Шелковицу сушат, варят шелковичный мед, готовят щербет и пастилу, используют в производстве спирта. Разнообразие продуктов из шелковицы велико [1, 19].

Издавна шелковицу использовали и в народной медицине. При этом применяли не только плоды, но и листья, кору и молодые побеги. Так, плоды шелковицы применяли при лечении гипертонии, анемии, для улучшения пищеварения, при лечении сахарного диабета, сердечных заболеваний и др.

Полезные свойства шелковицы доказали и научные исследования, которые выявили гиполлипидемическое, антиоксидантное, противоопухолевое, нейропротективное, иммуномодуляторное, антиатеросклеротическое действие плодов [7, 13, 14, 16].

Ученые экспериментально доказали, что экстракты плодов черной шелковицы влияют на холиновые и мускариновые рецепторы, тем самым усиливая антидиарейный эффект. Нутриенты плодов шелковицы воздействуют на фермент монооксидазу, ингибируя ее активность, тем самым оказывая

положительное действие при лечении болезни Паркинсона и гипертонии [17, 18, 20].

Плоды шелковицы содержат целый комплекс биологически активных веществ, таких как органические кислоты, минеральные вещества, эфирные масла, витамины, пектиновые вещества и антоцианы (в составе красящих веществ).

Антоцианы – природные красители, относятся к классу флавоноидных соединений. По химической природе это полифенольные соединения. В природе они встречаются в виде моно- и дигликозидов. Антоцианы являются сильными антиоксидантами, которые предотвращают разрушение клеточных мембран, замедляют процесс старения клетки, связывают свободные радикалы и препятствуют развитию опухолей. Наибольшее содержание антоцианов в плодах черной шелковицы [4, 5, 9, 12, 15, 21].

В составе плодов шелковицы содержится большое количество калия, что особенно важно для людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Также в химическом составе плодов найдены витамины С, Е, К, А, группы В. Из макроэлементов наиболее важными являются фосфор, кальций, натрий, а из микроэлементов – железо, марганец, цинк, селен [6, 8, 10, 11].

Пищевая ценность и химический состав плодов шелковицы (на 100 г) представлен на рисунке 1 [2, 6, 8].

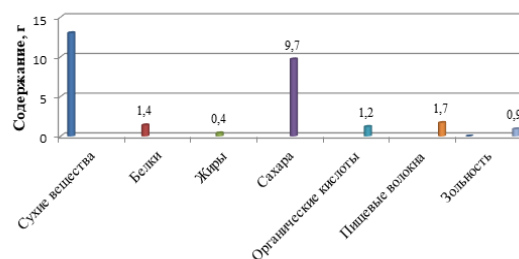


Рис. 1. Содержание основных питательных веществ в плодах шелковицы
Fig. 1. Content of essential nutrients in mulberry fruits

Кроме вышепредставленных веществ в плодах шелковицы содержится ценный витаминно-минеральный комплекс, который

помогает организму поддерживать в норме процессы метаболизма, бороться с болезнями сосудов и сердца: витамин А (1 мкг), витамин В₁ (29 мкг), витамин В₉ (6 мкг), витамин К (7,8 мкг), витамин С (36,4 мг), железо (1,85 мг), цинк (0,12 мг), медь (60 мкг), селен (0,6 мкг). Энергетическая ценность плодов составляет всего 43 ккал [2, 6, 8].

В России шелковица распространена довольно широко, однако ее выращивание носит частный характер, а промышленные посадки отсутствуют. В настоящее время ведутся разработки и исследования по выведению и внедрению в промышленное производство новых, наиболее перспективных сортов шелковицы, дающих высокие урожаи. Это позволит расширить не только ассортимент продуктов высокой пищевой ценности, но и даст возможность производства фармацевтических препаратов и натуральных пищевых красителей из плодов шелковицы.

Целью исследования являлась разработка функционального пищевого десерта на основе плодов шелковицы черной. В ходе работы были определены физико-химические показатели свежих плодов шелковицы (сухие вещества, кислотность, содержание сахаров, витамина С, пектиновых веществ, дубильных и красящих веществ). После разработки рецептуры и отработки технологии новых продуктов была проведена оценка органолептических и физико-химических показателей новых продуктов. В работе применяли стандартные и гостированные методики с использованием современного лабораторного оборудования. Для определения содержания сухих веществ в сырье и готовых продуктах использовали рефрактометрический метод по ГОСТ ISO 2173-2013; определение общих титруемых кислот проводили титриметрическим методом по ГОСТ ISO 750-2013; содержание сахаров определяли титриметрическим методом (ГОСТ 876.13); содержание витамина С проводили с помощью спектрофо-

тометра по ГОСТ 24556; содержание пектиновых веществ определяли кальций – пектатным методом; для определения дубильных и красящих веществ использовали титриметрический метод; витамины группы В определяли методом фотометрии (ГОСТ 25999), витамин РР – фотометрическим методом по ГОСТ Р 50479.

Все исследования проводились в Кубанском государственном аграрном университете: на кафедре технологии хранения и переработки растениеводческой продукции и в НИИ Биотехнологии и сертификации пищевой продукции. Опытные партии разработанных продуктов выработаны в УНПК «Технолог» (Кубанский ГАУ).

Методы исследования. Объектами исследования служили плоды шелковицы трех сортов: Черная Баронесса, Черный гигант и Черноплодная, выращенные в Краснодарском крае (Россия).

Сорт шелковицы «Черная баронесса». Черноплодный сорт шелковицы. Ягоды до 3,0 см длиной, темно-фиолетового цвета, раннего срока созревания, сладкие с чуть заметной кислинкой. Сорт высокоурожайный, до 120 кг ягод с одного дерева.

Сорт шелковицы «Чёрный гигант». Черноплодный сорт шелковицы. Ягоды очень крупные, длиной до 4-5 см, сладкие, темно-фиолетового, почти черного цвета, медового, насыщенного вкуса. Срок созревания средний. Урожайность высокая, до 110 кг ягод с дерева.

Сорт шелковицы «Черноплодная». Среднеранний сорт для южных районов. Плоды крупные, длиной до 4 см, массой до 6-9 г., цвет плодов – темно-фиолетовый, вкус сладкий, с едва заметной кислинкой, плоды очень ароматные. Урожайность до 110 кг ягод с дерева.

Результаты. Химический состав свежего сырья в значительной степени определяет качественные показатели готового продукта, его органолептику и химический состав. Для прогнозирования возможного химического состава готового продукта

проводили изучение химического состава основного растительного сырья – плодов шелковицы черной.

Были определены качественные показатели исследуемых плодов (содержание титруемых (общих) кислот, сухих веществ, общее содержание сахаров, пектиновых веществ, дубильных и красящих веществ, витаминов и минеральных веществ).

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Результаты исследований, представленные в таблице 1, характеризуют плоды шелковицы как сырье с высоким пищевым потенциалом, в котором сочетаются высокое содержание пектиновых веществ (до 1,54%), сахаров (до 11,2%), органических кислот (до 0,95%) и красящих веществ (до 182,3 мг%).

На следующем этапе работы в сортах шелковицы определяли содержание витаминов и минеральных веществ. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 1. Физико-химические показатели исследуемых сортов шелковицы
Table 1. Physical and chemical parameters of the studied mulberry varieties

Наименование показателя	Сорт шелковицы		
	Черная Баронесса	Черный гигант	Черноплодная
Содержание сухих веществ, %	15,6 ± 0,02	14,8 ± 0,01	15,3 ± 0,01
Кислотность, %	0,95 ± 0,01	0,86 ± 0,02	0,82 ± 0,02
Содержание сахаров, %	11,2 ± 0,01	10,8 ± 0,01	10,6 ± 0,01
Содержание пектиновых веществ, %, в т.ч.	1,40 ± 0,01	1,43 ± 0,02	1,54 ± 0,01
растворимый пектин	0,56 ± 0,02	0,52 ± 0,02	0,55 ± 0,03
Протопектин	0,84 ± 0,02	0,91 ± 0,02	0,99 ± 0,01
Содержание дубильных и красящих веществ, мг %	180,6 ± 0,02	182,3 ± 0,02	181,7 ± 0,03

Таблица 2. Содержание витаминов и минеральных веществ в исследуемых сортах шелковицы (мг в 100г)

Table 2. Content of vitamins and minerals in the studied mulberry varieties (mg per 100g)

Наименование показателя	Сорт шелковицы		
	Черная Баронесса	Черный гигант	Черноплодная
Витамин С	11,6±0,01	10,1±0,01	13,4±0,01
Витамин РР	0,86±0,02	0,76±0,01	0,91±0,02
Витамин В1	0,052±0,02	0,045±0,02	0,048±0,01
Витамин В2	0,031±0,01	0,028±0,02	0,029±0,02
Фосфор	36,3±0,02	36,1±0,03	34,2±0,02
Кальций	23,8±0,01	24,6±0,01	24,1±0,01
Калий	350,6±0,02	352,2±0,02	348,4±0,03
Магний	50,7±0,01	51,3±0,01	52,0±0,01

Установлено, что в плодах шелковицы в большем количестве содержится витамин С (10,1...13,4 мг %) и в значительно меньших количествах содержится витамин РР (0,76...0,91 мг %) и витамины группы В. Из минеральных веществ наибольшим содержанием отличается калий – до 352,2 мг и магний – до 52,0 мг, немного меньше содержится фосфора и кальция.

Полученные данные позволили разработать фруктовый десерт на основе плодов шелковицы с добавлением в рецептуру апельсинов и лимонов для гармонизации вкуса и повышения содержания витамина С, введения пряностей – гвоздики, корицы и экстракта имбиря, а также дополнительного использования пектина для получения желеобразной консистенции. В качестве заменителя сахара использовали сорбит.

Технология приготовления десерта состоит из следующих операций: подготовка плодов шелковицы (сортировка, удаление гнилых, мятых, поврежденных плодов), мойка, подача на варку. Одновременно с подготовкой шелковицы, ведется подготовка лимонов или апельсинов. Плоды цитрусовых сортируют, удаляя поврежденные экземпляры, режут на кусочки и бланшируют в течение 2-3 мин, для размягчения кожуры и удаления горького вкуса. Бланшированные кусочки цитрусовых подают на варку вместе с шелковицей. В варочный котел загружают пектино-сорбитовый сироп и варят до содержания сухих веществ 68% затем добавляют корицу и гвоздику (в виде водных экстрактов) и экстракт имбиря и варят до содержания сухих веществ 69%. Готовый джем расфасовывают в стеклянные

банки объемом 350 мл, укупоривают винтовыми крышками и стерилизуют при температуре 100 °С в течение 15 мин. Готовый джем отправляют на склад на хранение.

В таблице 3 представлены рецептуры разработанных десертов.

Таблица 3. Рецептуры функциональных фруктовых десертов

Table 3. Recipes for functional fruit desserts

Наименование сырья	Рецептура, кг (в расчете на 1т готового продукта)	
	Лимонный микс	Апельсиновый микс
Шелковица	680,0	570,0
Лимон	269,68	-
Апельсин	-	384,67
Имбирь (экстракт)	0,08	0,08
Сорбит	45	40
Пектин	5,0	5,0
Гвоздика	0,08	0,05
Корица	0,16	0,2

Разработанные десерты характеризуются следующими органолептическими показателями:

- внешний вид (однородная не расслаивающаяся желеобразная масса с равномерно распределенными частицами шелковицы, лимона или апельсина, без посторонних примесей);
- цвет (темно-фиолетовый);
- аромат (хорошо выраженный аромат лимона (или апельсина) и имбиря со слабым приятным ароматом пряностей);
- вкус (сладкий, с кислинкой и слабым жгучим привкусом).

После определения лучших образцов по органолептическим показателям, проведены исследования физико-химических показателей разработанных образцов.

На рисунке 2 представлены профилограммы полученных фруктовых десертов.

Данные, показанные на рисунке 2, отмечают высокую оценку органолептических показателей разработанных новых видов функциональных десертов на основе плодов шелковицы. Оба образца «Лимонный микс» и «Апельсиновый микс» обладают приятным внешним видом, плотной консистенцией, кисловато-сладким вкусом и ярко-выраженным ароматом цитрусовых плодов и пряностей.

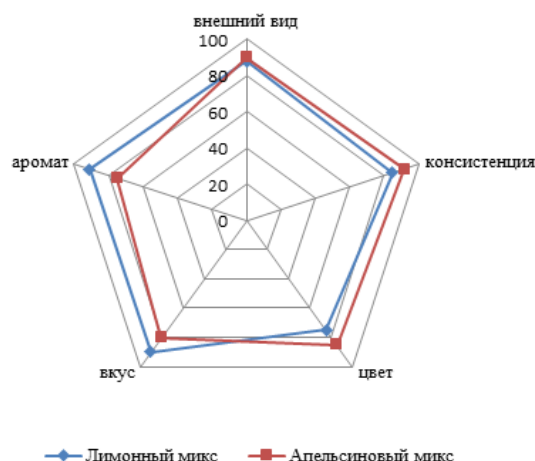


Рис. 2. Профилограммы органолептических показателей фруктовых десертов
Fig. 2. Organoleptic profiles of fruit desserts

Химический состав готового продукта является характеристикой его пищевой и биологической ценности. По содержанию веществ, входящих в состав продуктов, можно говорить о его полезности для организма человека или о его вреде. Исследования физико-химических показателей разработанных фруктовых десертов показаны в таблице 4.

Таблица 4. Физико-химические показатели разработанных фруктовых десертов

Table 4. Physical and chemical properties of the developed fruit desserts

Наименование показателя	Название фруктового десерта	
	Апельсиновый микс	Лимонный микс
Содержание сухих веществ, %	69,1±0,5	68,6±0,5
Содержание сахаров, %	34,1±0,2	33,7±0,2
Кислотность, %	1,08±0,04	1,25±0,03
Содержание пектиновых веществ, %	3,2±0,05	3,16±0,05
Содержание витамина С, мг %	30,54±0,3	32,25±0,3
Содержание дубильных и красящих веществ, мг %	154,1±0,4	152,4±0,5

Полученные данные характеризуют высокую пищевую ценность разработанных фруктовых десертов, в составе которых высокое содержание витамина С, пектиновых веществ и красящих веществ (антоцианов).

Заключение. Таким образом, в процессе разработки функциональных продуктов на основе нетрадиционного растительного сырья – плодов черной шелковицы – получены новые фруктовые десерты, кото-

рые имеют в своем составе высокое содержание витамина С (31,4 мг % в среднем, при норме потребления – 90 мг/сутки), пектиновых веществ (3,18 % – в среднем, при норме потребления 2-4 г/сутки) и красящих веществ (153,25 мг % – в среднем, при норме потребления 10-15 мг/сутки).

Поскольку содержание функционального ингредиента в продукте должно составлять не менее 15% от суточной физиологической потребности в расчете на одну порцию продукта, разработанные десерты можно отнести к группе функциональных продуктов.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабаджанова З.Х. Шелковица, тут: применение в древней, современной народной и научной медицине (обзор литературы) / З.Х. Бабаджанова [и др.] // Молодой ученый. 2015. № 7. С. 256-266.
2. Кароматов И.Д., Икромов Ф. Шелковица как лечебное средство древней и современной медицины // Биология и интегративная медицина. 2018. № 2 (19).
3. Базиян Х.А. Ягоды туты как лечебное средство // Вопросы питания. 1989. № 5. С. 81-82.
4. Соболев И.В., Красносельова Е.А., Донченко Л.В. Возможность использования натуральных растительных экстрактов в продуктах здорового питания // Известия Кабардино-Балкарского аграрного университета им. В.М. Кокова. 2024. № 4 (46). С. 146-153.
5. Вахрушева Ю.А., Селина И.И., Оганесян Э.Т. Сравнительная антиоксидантная активность ягод шелковицы черной (*Morus nigra* L.), шелковицы белой (*Morus alba* L.) и шелковицы красной (*Morus rubra* L.) // Фармация и фармакология. 2015. № 2 (9). С. 5-9.
6. Мубалиева Ш.М., Акназаров О.А., Шохуморова О. Биохимический состав соплодий шелковицы в условиях западного Памира // Известия Академии Наук Республики Таджикистан. 2009. № 3 (168). С. 54-57.
7. Нуралиев Ю. Лекарственные растения. Душанбе: Маориф, 1988. 155 с.
8. Густой экстракт плодов (винограда, шелковицы и восточной хурмы) как источник жизненно важных микроэлементов и витаминов / Д.Т. Петенг де Вогренан де Кюньяк [и др.] // Здравоохранение Таджикистана. 2012. № 1. С. 54-57.
9. Хасаншина А.Р., Абизов Е.А. Антимикробные и противовирусные свойства некоторых представителей семейства тутовых (*Mogaceae* Link) // Медицинская помощь. 2003. № 3. С. 39-42.
10. Цибизова А.А., Палванова Ш.Р. Количественное содержание аскорбиновой кислоты в плодах шелковицы черной // Новые вопросы в современной науке: сборник статей Международной научно-практической конференции. Астрахань, 2017. С. 83-85.
11. Соболев И.В., Родионова Л.Я. Разработка продуктов геронтологического питания повышенной пищевой ценности // Ползуновский вестник, 2021. № 2. С. 168-174.
12. A new antioxidant stilbene and other constituents from the stem bark of *Morus nigra* L. - Nat / Abbas G.M. [et al.] // Prod. Res. 2014. No. 28 (13). P. 952-959. doi: 10.1080/14786419.2014.900770.
13. Abd El-Mawla A.M., Mohamed K.M., Mostafa A.M. Induction of Biologically Active Flavonoids in Cell Cultures of *Morus nigra* and Testing their Hypoglycemic Efficacy - Sci // Pharm. 2011. Vol. 79, No. 4. P. 951-961.
14. Vafa M., Shidfar F., Tahavorgar A., Gohari M., Katebi D., Mohammadi V. Effects of blackberry (*Morus nigra* L.) consumption on serum concentration of lipoproteins, apo A-I, apo B, and high-sensitivity-C-reactive protein and blood pressure in dyslipidemic patients / Aghababae S.K. [et al.] // J. Res. Med. Sci. 2015. Vol. 20, No. 7. P. 684-691. doi: 10.4103/1735-1995.166227.
15. Gupta G., Afzal M., Kazmi I., Anwar F. Antiulcer and antioxidant activities of a new steroid from *Morus alba* / Ahmad A. [et al.] // Life Sci. 2013. Vol. 92, No. 3. P. 202-210.

16. Ahmed S., Shakeel F. Voltammetric determination of anti-oxidant character in *Berberis lycium* Royel, *Zanthoxylum armatum* and *Morus nigra* Linn plants // *Pak. J. Pharm. Sci.* 2012. Vol. 25, No. 3. P. 501-507.
17. Immunomodulatory activity of methanolic extract of *Morus alba* Linn. (mulberry) leaves / Bhanani S.E. [et al.] // *Pak. J. Pharm. Sci.* 2010. Vol. 23, No. 1. P. 63-68.
18. Two new phenolic constituents from the root bark of *Morus alba* L. and their cardioprotective activity / Cao Y.G. [et al.] // *Nat. Prod. Res.* 2018. Vol. 32, No. 4. P. 391-398. doi: 10.1080/14786419.2017.1309535.
19. Chan E.W., Lye P.Y., Wong S.K. Phytochemistry, pharmacology, and clinical trials of *Morus alba* // *Chin. J. Nat. Med.* 2016. Vol. 14, No. 1. P. 17-30. doi: 10.3724/SP.J.1009.2016.00017
20. Dalmagro A.P., Camargo A., Zeni A.L.B. *Morus nigra* and its major phenolic, syringic acid, have antidepressant-like and neuroprotective effects // *Metab. Brain. Dis.* 2017. Vol. 32, No. 6. P. 1963-1973. doi: 10.1007/s11011-017-0089-y.
21. Cytotoxic prenylated flavonoids from *Morus alba* / Dat N.T [et al.] // *Fitoterapia.* 2010. Vol. 81, No. 8. P. 1224-1227.

REFERENCES

1. Babadzhanova, Z.Kh. Mulberry, sycamine: application in ancient, modern folk and scientific medicine (literature review) / Z.Kh. Babadzhanova [et al.] // *Young scientist.* 2015. Issue 7. P. 256-266. [In Russ.]
2. Karomatov, I.D., Ikromova, F. Mulberry as a remedy in ancient and modern medicine // *Biology and Integrative Medicine.* 2018. Issue 2 (19). [In Russ.]
3. Baziyan, H.A. Mulberry berries as a remedy // *Nutrition Issues.* 1989. Issue 5. P. 81-82. [In Russ.]
4. Sobol, I.V., Krasnoselova, E.A., Donchenko, L.V. Possibility of using natural plant extracts in healthy food products // *Bulletin of the Kabardino-Balkarian Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024. Issue 4 (46). P. 146-153. [In Russ.]
5. Vakhrusheva, Yu.A., Selina, I.I., Oganessian, E.T. Comparative antioxidant activity of black mulberry (*Morus nigra* L.), White Mulberry (*Morus alba* L.) and Red Mulberry (*Morus rubra* L.) Berries // *Pharmacy and Pharmacology.* 2015. Issue 2 (9). P. 5-9. [In Russ.]
6. Mubalieva, Sh.M., Aknazarov, O.A., Shokhumorova, O. Biochemical composition of mulberry fruits in the conditions of the Western Pamirs // *Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan.* 2009. Issue 3 (168). P. 54-57. [In Russ.]
7. Nuraliyev, Yu. Medicinal Plants. Dushanbe: Maorif, 1988. 155 p. [In Russ.]
8. Thick fruit extract (grapes, mulberry, and oriental persimmon) as a source of vital microelements and vitamins / D.T. Peteng de Vaugrenant de Cugnac [et al.] // *Healthcare of Tajikistan.* 2012. Issue 1. P. 54-57. [In Russ.]
9. Khasanshina, A.R., Abizov, E.A. Antimicrobial and antiviral properties of some representatives of the mulberry family (*Moraceae* Link) // *Medical Care.* 2003. Issue 3. P. 39-42. [In Russ.]
10. Tsibizova, A.A., Palvanova, Sh.R. Quantitative content of ascorbic acid in black mulberry fruits // *New issues in modern science: collected articles from the International scientific and practical conference.* Astrakhan, 2017. p. 83-85. [In Russ.]
11. Sobol, I.V., Rodionova, L.Ya. Development of gerontological nutrition products with increased nutritional value // *Polzunovsky Vestnik,* 2021. Issue 2. P. 168-174. [In Russ.]
12. A new antioxidant stilbene and other constituents from the stem bark of *Morus nigra* L. - *Nat / Abbas G.M. [et al.] // Prod. Res.* 2014. No. 28 (13). pp. 952-959. doi: 10.1080/14786419.2014.900770.
13. Abd El-Mawla A.M., Mohamed K.M., Mostafa A.M. Induction of Biologically Active Flavonoids in Cell Cultures of *Morus nigra* and Testing their Hypoglycemic Efficacy - *Sci // Pharm.* 2011. Vol. 79, No. 4. P. 951-961.
14. Vafa M., Shidfar F., Tahavorgar A., Gohari M., Katebi D., Mohammadi V. Effects of blackberry (*Morus nigra* L.) consumption on serum concentration of lipoproteins, apo A-I, apo B, and high-sensitivity-C-reactive protein and blood pressure in dyslipidemic patients / Aghababae S.K. [et al.] // *J. Res. Med. Sci.* 2015. Vol. 20, No. 7. P. 684-691. doi: 10.4103/1735-1995.166227.

15. Gupta G., Afzal M., Kazmi I., Anwar F. Antiulcer and antioxidant activities of a new steroid from *Morus alba* / Ahmad A. [et al.] // *Life Sci.* 2013. Vol. 92, No. 3. P. 202-210.
16. Ahmed S., Shakeel F. Voltammetric determination of anti-oxidant character in *Berberis lycium* Royel, *Zanthoxylum armatum* and *Morus nigra* Linn plants // *Pak. J. Pharm. Sci.* 2012. Vol. 25, No. 3. P. 501-507.
17. Immunomodulatory activity of methanolic extract of *Morus alba* Linn. (mulberry) leaves / Bharani S.E. [et al.] // *Pak. J. Pharm. Sci.* 2010. Vol. 23, No. 1. P. 63-68.
18. Two new phenolic constituents from the root bark of *Morus alba* L. and their cardioprotective activity / Cao Y.G. [et al.] // *Nat. Prod. Res.* 2018. Vol. 32, No. 4. P. 391-398. doi: 10.1080/14786419.2017.1309535.
19. Chan E.W., Lye P.Y., Wong S.K. Phytochemistry, pharmacology, and clinical trials of *Morus alba* // *Chin. J. Nat. Med.* 2016. Vol. 14, No. 1. P. 17-30. doi: 10.3724/SP.J.1009.2016.00017
20. Dalmagro A.P., Camargo A., Zeni A.L.B. *Morus nigra* and its major phenolic, syringic acid, have antidepressant-like and neuroprotective effects // *Metab. Brain. Dis.* 2017. Vol. 32, No. 6. P. 1963-1973. doi: 10.1007/s11011-017-0089-y.
21. Cytotoxic prenylated flavonoids from *Morus alba* / Dat N.T [et al.] // *Fitoterapia.* 2010. Vol. 81, No. 8. P. 1224-1227.

Информация об авторах / Information about the authors

Соболев Ирина Валерьевна, кандидат технических наук, доцент ВАК, заведующий кафедрой технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица Калинина, д. 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0641-6261>, e-mail: iv-sobol@mail.ru

Донченко Людмила Владимировна, доктор технических наук, профессор ВАК, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, директор НИИ Биотехнологии и сертификации пищевой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица Калинина, д. 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1468-4808>, e-mail: niibiotechn@mail.ru

Красносельова Екатерина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент ВАК, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица Калинина, д. 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1554-4740>, e-mail: ekrasnoselova@mail.ru

Варивода Альбина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент ВАК, доцент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица Калинина, д. 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5931-2119>, e-mail: albin2222@mail.ru

Савченко Евгения Сергеевна, ассистент кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Федеральное государственное бюджетное образо-

вательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; 350044, Российская Федерация, г. Краснодар, улица Калинина, д. 13, e-mail: edorosh@inbox.ru

Irina V. Sobol, PhD (Eng.), Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Head of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinina Street, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0641-6261>, e-mail: iv-sobol@mail.ru

Lyudmila V. Donchenko, Dr Sci. (Eng.), Professor of the Higher Attestation Commission, Professor of the Department of Plant Product Storage and Processing Technology, Director of the Research Institute of Biotechnology and Food Certification, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinina Street, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1468-4808>, e-mail: niibiotechn@mail.ru

Ekaterina A. Krasnoselova, PhD (Eng.), Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin Street, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1554-4740>, e-mail: ekrasnoselova@mail.ru

Albina A. Varivoda, PhD (Eng.), Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Associate Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Products, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin Street, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5931-2119>, e-mail: albin2222@mail.ru

Evgeniya S. Savchenko, Assistant Professor, the Department of Plant Product Storage and Processing Technology, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinin Street, e-mail: edorosh@inbox.ru

Заявленный вклад авторов

Соболь Ирина Валерьевна, Донченко Людмила Владимировна – разработка методики исследования, валидация данных.

Красноселова Екатерина Анатольевна – оформление статьи по требованиям журнала

Варивода Альбина Алексеевна – подбор литературных источников.

Савченко Евгения Сергеевна – проведение эксперимента.

Claimed contribution of authors

Irina V. Sobol, Lyudmila V. Donchenko – development of the research methodology and validating the data.

Ekaterina A. Krasnoselova – preparation of the article according to the requirements of the Journal.

Albina A. Varivoda – selection of the literature.

Evgeniya S. Savchenko – conducting the experiment.

Поступила в редакцию 24.09.2025

Поступила после рецензирования 28.10.2025

Принята к публикации 30.10.2025

Received 24.09.2025

Revised 28.10.2025

Accepted 30.10.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-121-144>

УДК 664.68:616.379-008.64:613.21



Разработка рецептур на основании исследования влияния режимов температурной обработки полуфабрикатов высокобелковых мучных изделий на гликемический индекс

В.В. Шилов¹, В.В. Литвяк², А.А. Журня³,
Ю.Ф. Росляков⁴, Т.В. Окулова³

¹*«Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета;
г. Минск, Республика Беларусь*

²*Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки
крахмалсодержащего сырья – филиал Федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»;
пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская, Российская Федерация*

³*Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр
Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»;
г. Минск, Республика Беларусь*

⁴*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный технологический университет»;
г. Краснодар, Российская Федерация,
✉lizaveta_ros@mail.ru*

Аннотация. Введение. Национально ориентированные для России и Беларуси пищевые продукты – блины и оладьи – при их обогащении белком перспективны для спортивного и диетического питания. **Цель исследования.** Исследовать влияние режимов температурной обработки полуфабрикатов высокобелковых мучных изделий на гликемический индекс (ГИ) и разработать их рецептуры. **Объекты и методы исследования.** Оптимизацию количественного соотношения сырья в рецептурных составах проводили методом линейного программирования по версии R2022b (24.08.2022 г.) программы MatLab – разработчик компания «The MathWorks» и Клив Б. Молер, США. Органолептические и физико-химические показатели определяли стандартизированными методами. ГИ находили по уровню глюкозы в крови добровольцев. **Результаты и обсуждение.** Разработаны модельные рецептуры и изготовлены лабораторные образцы высокобелковых блинов и оладий с использованием сывороточного, молочного, яичного, пшеничного и горохового белка и их комбинаций. Исследовано влияние температурной обработки (охлаждение и заморозка) на органолептические, физико-химические показатели, а также на ГИ. При шоковой заморозке полуфабрикатов высокобелковых мучных изделий до -18°C наблюдалось увеличение количества резистентного крахмала на 7,7-12,3% по отношению к охлажденным до 4°C продуктам. Шоковая заморозка способствует снижению ГИ высокобелковых оладий на 27,5% (с 73 до 53), а блинов на 30,9% (с 73 до 50). Состав полуфабрикатов и способ температурной обработки оказывает значительное влияние на ГИ готовых изделий. **Заключение.** Полученные в ходе исследования продукты питания могут быть рекомендованы не только в качестве спортивного питания, но и потребителям, предпочитающим диетические продукты, что будет способствовать профилактической защите населения от развития болезненных состояний, вызываемых повышенными нервными и физическими нагрузками, а также неблагоприятными факторами внешней среды.

Ключевые слова: мучные высокобелковые продукты питания, блины, оладьи, модельные рецептуры, температурная обработка, технология, гликемический индекс

Для цитирования: Шилов В.В., Литвяк В.В., Журня А.А., Росляков Ю.Ф., Окулова Т.В. Разработка рецептур на основании исследования влияния режимов температурной обработки полуфабрикатов высокобелковых мучных изделий на гликемический индекс. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 121-144. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-121-144>

Formulation development on the basis of the effect of temperature treatment of semi-finished high-protein flour products on the glycemic index

V.V. Shilov¹, V.V. Litvyak², A.A. Zhurnya³,
Yu.F. Roslyakov✉⁴, T.V. Okulova³

¹ International State Ecological Institute of the Belarusian State University named after A.D. Sakharov; Minsk, the Republic of Belarus

² All-Russian Research Institute of Starch and Starch-Containing Raw Materials Processing – Branch of the Federal Potato Research Center named after A.G. Lorkh; Kraskovo Settlement, the Lyubertsy District; the Moscow Region, the Russian Federation

³ Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus; Minsk, the Republic of Belarus

⁴ Kuban State Technological University; Krasnodar, the Russian Federation
✉ lizaveta_ros@mail.ru

Abstract. Introduction. Nationally oriented food products for Russia and Belarus – pancakes and fluffy pancakes, when enriched with protein – are promising for sports and dietary nutrition. The goal of the research was to study the effect of temperature treatment regimes of semi-finished high-protein flour products on the glycemic index (GI) and to develop recipes for them. **The objects and methods.** Optimization of the quantitative ratio of raw materials in the recipes was performed using linear programming using MatLab version R2022b (August 24, 2022) – developed by The MathWorks and Clive B. Mohler, USA. Organoleptic and physicochemical parameters were determined using standardized methods. The GI was calculated based on the blood glucose levels of volunteers. **The results and discussion.** Model recipes were developed and laboratory samples of high-protein pancakes and fluffy pancakes were produced using whey, milk, egg, wheat, and pea proteins, as well as their combinations. The effect of temperature treatment (chilling and freezing) on the organoleptic, physicochemical, and GI properties was studied. Blast freezing of semi-finished high-protein flour products to -18°C resulted in a 7.7-12.3% increase in resistant starch compared to products chilled to 4°C . Flash freezing reduces the GI of high-protein pancakes by 27.5% (from 73 to 53), and of fluffy pancakes by 30.9% (from 73 to 50). The composition of semi-finished products and the method of heat treatment had a significant impact on the GI of finished products. **Conclusion.** The food products obtained in the research can be recommended not only as sports nutrition but also for consumers who prefer dietary products, which will contribute to the preventive protection of the population from the development of diseases caused by increased nervous and physical stress, as well as adverse environmental factors.

Keywords: high-protein flour products, pancakes, fluffy pancakes, model recipes, heat treatment, technology, glycemic index

For citation: Shilov V.V., Litvyak V.V., Zhurnya A.A., Roslyakov Yu.F., Okulova T.V. Formulation development on the basis of the effect of temperature treatment of semi-finished high-protein flour products on the glycemic index. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 121-144. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-121-144>

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

Введение. Прогресс в исследованиях по диетологии свидетельствует о существовании взаимосвязи между питанием и физическими возможностями человеческого организма [1-10]. Для компенсации затрат и активации анаболических процессов и процессов физиологического восстановления необходимо снабжение организма адекватным количеством энергии и эссенциальных компонентов питания [11, 12]. Рациональное питание необходимо не только для спортсменов-профессионалов, но и для людей, ведущих здоровый и активный образ жизни – оно позволяет обезопасить организм от возможного дефицита необходимых микронутриентов, повысить адаптационные возможности организма, восстановить организм после тяжелых физических нагрузок [13]. С этой целью можно использовать пищевые продукты из мучного сырья, обогащенные различными функциональными добавками [14-17].

Продукты спортивного питания можно классифицировать по назначению и по составу. В зависимости от назначения спортивное питание подразделяется на следующие группы: для наращивания мышц; для снижения веса; для быстрого восстановления после тяжелых физических нагрузок; для предохранения мышц и суставов от повреждений; для общего укрепления организма. По составу выделяют следующие группы продуктов питания для спортсменов: углеводы (смесь углеводов различной степени растворимости); протеины (белковые вещества); чистые аминокислоты; гейнеры (смешанные в соотношении 1:3 белково-углеводные смеси); витаминно-минеральные комплексы (непрямые регуляторы обменных процессов, опосредованные протекторы нервной и иммунной систем). Однако основой подавляющего большинства (60%) продуктов питания являются протеины, и их потребляют 85% спортсменов. К большому сожалению, в настоящее время на пищевом рынке доминируют продукты питания для спортсменов зарубежного

производства. Поэтому создание и промышленный выпуск качественных продуктов отечественного производства для спортивного питания и замена ими зарубежных аналогов является одной из важнейших задач государственной политики в социальной сфере. Это весьма трудная задача, потому что продукты спортивного питания – это высокотехнологичные пищевые изделия. При разработке конкурентоспособного спортивного питания необходимо провести тестирование продукта спортсменами и дополнительные мероприятия для обеспечения вывода инновационного продукта достойного качества на российский и зарубежный рынки.

Важным индикатором питания людей, ведущих здоровый образ жизни и спортивного питания для любого пищевого продукта, в том числе и мучных изделий, является уровень ГИ по ISO 26642:2010. ГИ продуктов влияет на доступность углеводов во время тренировки и скорость синтеза гликогена [18]. Продукты питания с низким ГИ рекомендуются для приема перед тренировкой и в течение короткого периода восстановления (<6 часов).

Для спортсменов, стремящихся к максимальной эффективности тренировок и соревнований, выбор правильных продуктов питания является ключевым фактором. Одним из важных критериев при составлении рациона является ГИ продуктов.

ГИ – это показатель, который отражает, как быстро тот или иной продукт повышает уровень сахара в крови. Продукты с низким ГИ (менее 55) усваиваются медленнее и обеспечивают более стабильный приток энергии, в отличие от высокогликемических продуктов, которые вызывают резкий скачок и последующий спад уровня глюкозы.

Для профессиональных спортсменов и людей, ведущих здоровый образ жизни и активно занимающихся спортом, употребление продуктов с низким ГИ имеет ряд преимуществ: 1) стабильное энергоснабжение; 2) поддержание работоспособности;

3) улучшение восстановления; 4) контроль веса; 5) профилактика гипогликемии.

Таким образом, включение в рацион продуктов питания с пониженным ГИ является важным условием для достижения высоких спортивных результатов, поддержания здоровья и эффективного восстановления организма после физической нагрузки.

Следует отметить, что в Российской Федерации и Республике Беларусь отсутствуют национально ориентированные пищевые продукты для спортивного питания.

В связи с этим, создание высокобелковых национально ориентированных мучных изделий, традиционных для России и Беларуси – блинов и оладий [19-23], предназначенных для спортивного питания с пониженным ГИ, которые могли бы эффективно поддерживать рост и восстановления мышечной массы, способных в кратчайшие сроки предотвратить потерю белка в мышцах при интенсивной работе и тренировках, повысить устойчивость к статическим и динамическим нагрузкам на организм, актуально и необходимо.

Цель. Исследовать влияние режимов температурной обработки полуфабрикатов высокобелковых мучных изделий на ГИ и разработать их рецептуры.

Методы исследования. *Дизайн исследования.* Дизайн проведенных исследований состоит из следующих этапов: 1) подбор и подготовка сырья для получения высокобелковых блинов и оладий; 2) компьютерное математическое моделирование компонентного состава высокобелковых блинов и оладий; 3) на основании математического моделирования разработка рабочих рецептурных смесей для приготовления высокобелковых блинов и оладий; 4) получение лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий; 5) исследование органолептических характеристик (формы, поверхности, цвета, консистенции, вкуса и запаха); 6) температурное воздействие (охлаждение-замораживание-размораживание) на высокобелковые блины и оладьи; 7) ис-

следования физико-химических показателей лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий; 8) определения ГИ высокобелковых блинов и оладий.

Объект исследования. Объект исследований – мучные продукты питания славянской кухни:

1) блины – блюдо, выпекаемое из жидкого дрожжевого теста на сковороде;

2) оладьи – мучные изделия, выпекаемые (обжариваемые) из дрожжевого теста на сковороде, отличающиеся от блинов меньшим диаметром и большей толщиной, а тесто имеет более густую консистенцию.

Сырье. В качестве сырья использовали пищевые продукты производства РФ, РБ, Австрии и Франции: 1) муку: пшеничную хлебопекарную высшего сорта (в/с) по ГОСТ 26574 (ОАО «Лидапищеконцентраты», РБ), гречневую по ГОСТ 31645 (ОАО «Лидапищеконцентраты», РБ), ржаную по ГОСТ 7045 (ОАО «Лидапищеконцентраты», РБ); 2) белки животного и растительного происхождения: пшеничный белок по ГОСТ 31934 (ЗАО «Белорусская национальная биотехнологическая корпорация», РБ), изолят горохового белка 80% по техническим нормативным правовым актам (ТНПА) (компания «Blindenmass», Австрия), концентрат сывороточного белка – КСБ-80 по ГОСТ Р 53456 (Щучинский филиал ОАО «Молочный Мир», РБ), яичный белок сухой по ГОСТ Р 57475 (ПФ «Роскар», РФ), концентрат молочного белка (КМБ) Promilk 852 А по ТНПА (компания «Ingredia», Франция); 3) молоко сухое обезжиренное по ГОСТ 33629 СТБ 1858-2022 (ОАО «Глубокский молочно-консервный комбинат», РБ); 4) соль морская по ГОСТ Р 51574 (ПК «Галит», РФ); 5) пекарский порошок – натрия карбонат Е500 по ГОСТ 32802 (ОАО «Лидапищеконцентраты»); 6) сахар по ГОСТ 33222 (ОАО «Слуцкий сахарорафинадный комбинат», РБ); 7) дрожжи пекарские прессованные по ГОСТ Р 54731 (ЗАО «Красноярский дрожжевой завод», РФ).

Математическое моделирование компонентного состава высокобелковых блинов и оладий. Основная оптимизация рецептуры блинов и оладий заключалась в максимально высоком замещении углеводного компонента на белковый компонент с одновременным сохранением традиционного вкуса.

Оптимизацию количественного соотношения сырья в рецептурных составах высокобелковых изделий проводили с использованием метода линейного программирования с помощью версии R2022b (24.08.2022 г.) программы MatLab – разработчик компания «The MathWorks» и Клив Б. Молер, США [24].

Задача по планированию оптимальной рецептурной смеси решалась с использованием встроенной в MatLab функции linprog из дополнения Optimization Toolbox.

Для корректной работы с данной функцией заданы следующие условия:

$$\begin{cases} f^T \cdot x \rightarrow \inf, \\ A \cdot x \leq b, \\ Aeq \cdot x = beq, \\ lb \leq x \leq rb. \end{cases} \quad (1)$$

где f – вектор коэффициентов целевой функции; A , Aeq – матрица ограничений-неравенств; b , beq – векторы правых частей ограничений-неравенств; lb – вектор, ограничивающий план x снизу; rb – вектор, ограничивающий план x сверху.

На выходе функция *linprog* дает оптимальный план по x и экстремальное значение функции *fval*.

На основании анализа пищевой ценности был составлен перечень ингредиентов, входящих в состав высокобелковых изделий, и в зависимости от возможного их рационального использования определены допустимые границы соотношения каждого компонента. В результате разработаны варианты рецептурных составов высокобелковых изделий, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Варианты рецептурных составов высокобелковых изделий
Table 1. Variants of recipe compositions for high-protein products

Рецептурные ингредиенты	x	Возможный диапазон варьирования, %	Энергетическая ценность ккал/100 г
<i>Рецептурный состав №1:</i>			
Мука ржаная обдирная	x_1	40-50	310
Мука пшеничная в/с	x_2	20-30	334
Яичный порошок	x_3	5-10	542
Молоко сухое обезжиренное	x_4	10-15	362
Пшеничный белок	x_5	10-30	352
<i>Рецептурный состав №2:</i>			
Мука пшеничная в/с	x_1	40-50	334
Яичный порошок	x_2	5-10	542
Молоко сухое обезжиренное	x_3	10-15	362
Мука гречневая	x_4	20-30	353
Гороховый белок	x_5	10-30	340
<i>Рецептурный состав №3:</i>			
Мука пшеничная в/с	x_1	40-50	334
Молоко сухое обезжиренное	x_2	5-10	362
Мука гречневая	x_3	20-30	360
Концентрат сывороточного белка (КСБ-80)	x_4	10-20	385
<i>Рецептурный состав №4:</i>			
Мука пшеничная в/с	x_1	40-50	334
Молоко сухое обезжиренное	x_2	5-10	362
Концентрат сывороточного белка (КСБ-80)	x_3	10-40	370
<i>Рецептурный состав №5:</i>			
Мука пшеничная в/с	x_1	40-50	334
Молоко сухое обезжиренное	x_2	5-10	362
Концентрат молочного белка (КМБ)	x_3	30-40	298
<i>Рецептурный состав №6:</i>			
Мука ржаная обдирная	x_1	10-25	310
Мука пшеничная в/с	x_2	20-40	334
Молоко сухое обезжиренное	x_3	5-10	362
Сухой яичный белок	x_4	30-40	340
<i>Рецептурный состав №7:</i>			
Мука пшеничная в/с	x_1	20-40	334
Яичный порошок	x_2	10-20	542
Молоко сухое обезжиренное	x_3	5-10	362
Гороховый белок	x_4	5-15	340
Концентрат молочного белка (КМБ)	x_5	20-30	298
<i>Рецептурный состав №8:</i>			
Мука пшеничная в/с	x_1	30-60	334
Яичный порошок	x_2	2-5	542
Молоко сухое обезжиренное	x_3	5-10	362
Пшеничный белок	x_4	5-10	352
Концентрат сывороточного белка (КСБ-80)	x_5	10-15	385

Обозначим через x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , искомый удельный вес соответствующего компонента в рецептурном составе №1: мука ржаная обдирная, мука пшеничная в/с, яичный порошок, молоко сухое обезжиренное, пшеничный белок. В качестве критерия оптимизации выбрана энергетическая ценность го-

тогового продукта. Тогда моделирование дозировки ингредиентов для производства высокобелковых изделий сводится к определению значений x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 , при которых $F(x) = \min \{310x_1 + 334x_2 + 542x_3 + 362x_4 + 352x_5\}$ при соблюдении следующих условий:

1) $8,9x_1 + 10,8x_2 + 46x_3 + 33,2x_4 + 70x_5 > 20$ – наличие в 100 г смеси для приготовления изделий не менее 20 г белка;

2) $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$ – получение единицы продукта;

3) $x_1 > 0,4$; $x_2 > 0,2$; $x_3 > 0,05$; $x_4 > 0,10$; $x_5 > 0,10$ – задание нижних ограничений на переменных.

4) $x_1 < 0,5$; $x_2 < 0,3$; $x_3 < 0,1$; $x_4 < 0,15$; $x_5 < 0,30$ – задание верхних ограничений на переменных.

5) $F(x) = \min$ – задание для минимизации энергетической ценности.

Аналогичным образом были получены алгоритмы построения рецептурных составов высокобелковых изделий №2–№8.

Решение данной системы неравенств позволило определить массовую долю каждого вида сырья при производстве данных продуктов при обеспечении минимальной энергетической ценности.

Технология получения лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий. Технология получения лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий следующая:

1. Технология получения высокобелковых блинов и оладий с использованием белков растительного происхождения:

– для изготовления высокобелковых блинов в сухую смесь добавляют воду в соотношении 1:1,5 затем тщательно перемешивают миксером и на разогретую сковороду, смазанную жиром, выливают тесто и жарят блины;

– для изготовления оладий в сухую смесь добавляют воду в соотношении 1:1, тщательно перемешивают и на разогретую сковороду выливают небольшое количество растительного масла, затем раскладывают подготовленное тесто более толстым слоем, чем для блинов и жарят до готовности.

2. Технология получения высокобелковых блинов и оладий с использованием белков животного происхождения:

2.1. Технология получения высокобелковых блинов и оладий с использованием концентрата сывороточного белка:

– для изготовления высокобелковых блинов в сухую смесь добавляют воду в соотношении 1:1,5, затем тщательно перемешивают миксером и на разогретую сковороду, смазанную жиром, выливают тесто и жарят блины;

– для изготовления высокобелковых оладий в сухую смесь добавляют воду в соотношении 1:1, тщательно перемешивают миксером и на разогретую сковороду выливают небольшое количество растительного масла, раскладывают подготовленное тесто более толстым слоем, чем для блинов, и жарят до готовности.

2.2. Технология получения высокобелковых блинов и оладий с использованием молочного и яичного белков: для приготовления лабораторных образцов все компоненты смеси соединяли вместе, затем перемешивали в течение 5 мин; в смесь вливали теплую воду (40°C) в соотношении 1:1,5 при приготовлении пшеничных оладий с молочным белком и 1:2 при приготовлении пшенично-ржаных блинов с яичным белком; затем перемешивали миксером в течение 3-4 мин до получения однородной массы сметанообразной консистенции и жарили на разогретой сковороде, смазанной жиром, до готовности.

3. Технология получения высокобелковых блинов и оладий с использованием комбинации белков растительного и животного происхождения. Для приготовления лабораторных образцов все компоненты смеси соединяли вместе, затем перемешивали в течение 5 мин; в смесь вливали теплую воду (40°C) в соотношении 1:1,5 при приготовлении пшеничных оладий с гороховым и молочным белком и 1:2 при приготовлении пшеничных блинов с КСБ-80 и пшеничным белком; затем перемешивали

вали миксером в течение 3-4 мин до получения однородной массы сметанообразной консистенции; тесто для оладий оставляли на 30-40 мин для активации дрожжей; после чего жарили на предварительно разогретой и смазанной растительным маслом сковороде.

Методы определения органолептических показателей высокобелковых блинов и оладий. Органолептические показатели (форма, поверхность, цвет, консистенция, вкус и запах-аромат) лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий определяли визуально.

Фотографирование (макросъемку) полученных лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий проводили при помощи фотоаппарата SONY NEX-5N (производитель Тайланд).

Температурные режимы охлаждения-замораживания-размораживания высокобелковых блинов и оладий. Дополнительная оптимизация рецептуры блинов и оладий заключалась в температурных режимах охлаждения-замораживания-размораживания, способствующих преобразованию крахмального компонента в резистентное состояние, т.е. к максимально возможному снижению ГИ при одновременном увеличении пребиотических свойств.

Лабораторные образцы высокобелковых блинов и оладий подвергались замораживанию в результате различной температурной обработки:

- вариант №1: охлаждение готовых изделий до температуры образцов 4°C;
- вариант №2: мягкая (медленная) заморозка до достижения температуры образцов -10°C;
- вариант №3: шоковая (быстрая) заморозка до достижения температуры образцов -18°C.

Режимы заморозки были выбраны исходя из того факта, что в промышленных условиях режимы охлаждения от 4°C до -3°C при приготовлении замороженных мучных изделий не используются. Заморозка высокобелковых изделий проводилась с использованием аппарата шоковой заморозки Valmar AV06. Перед началом процесса температура в рабочей камере аппарата снижалась до -25°C, затем в камеру помещались изготовленные образцы. В образцы высокобелковых продуктов помещали контактный термометр, предназначенный для контроля температуры внутри образцов во время заморозки. Выставлялись различные режимы заморозки.

Размораживание замороженных высокобелковых блинов и оладий осуществляли в печи СВЧ:

– вариант №1: при мощности 200 W в течение 3 мин и последующим разогревом при мощности 450-700W (t~100°C) в течение 3-4 мин;

– вариант №2: при мощности 600W (t~100°C) в течение 4 мин без предварительной разморозки.

Разогрев высокобелковых блинов и оладий проводили также в духовом шкафу при 160-180°C в течение 5-10 мин.

Следует подчеркнуть, что во время разогрева высокобелковые изделия необходимо накрывать крышкой или тарелкой для предотвращения быстрого испарения влаги.

Методы исследования физико-химических показателей высокобелковых блинов и оладий. Исследование химического состава и пищевой ценности высокобелковых продуктов на основе мучного сырья осуществляли следующими методами:

– массовую долю белка определяли титрометрическим методом Кьельдаля по ГОСТ 13496.4;

– массовую долю жира определяли экстракционно-гравиметрическим методом с предварительным гидролизом навески по ГОСТ 5668;

– массовую долю общей золы – термогравиметрическим методом по ГОСТ 5901;

– массовую долю клетчатки термогравиметрическим методом по МВИ. МН 3928 на установке для определения сырой клетчатки «Fibretherm» (компания «Gerhardt», Германия);

– количество углеводов определяли расчетным путём: из сухого остатка вычитали количество белка, жира, золы и клетчатки;

– массовую долю влаги определяли высушиванием по ГОСТ 21094;

– содержание резистентного крахмала определяли ферментативно-фотометрическим методом по AOAC Method 2002.02 AACC Method 32-40 Rapid Resistant Starch Assay procedure Megazyme.

Анализ количественного состава белков, жиров и углеводов готовой продукции с различной температурной обработкой был проведен в Республиканском контрольно-испытательном комплексе по качеству РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

Метод определения ГИ высокобелковых блинов и оладий. ГИ устанавливали путем определения содержания сахара в пробах крови у 15 здоровых добровольцев.

Критерии включения добровольцев в исследование:

– подписанное и датированное информированное согласие;

– возраст 18-65 лет включительно;

– ИМТ ≤ 30 кг/м²;

– окружность талии ≤ 94 см для мужчин и ≤ 80 см для женщин;

– стабильная масса тела;

– глюкоза крови натощак $\leq 5,6$ ммоль/л;

– артериальное давление ≤ 130 мм рт. ст. (систолическое) и/или ≤ 85 мм рт. ст. (диастолическое).

Критерии исключения:

– добровольцы с хроническими заболеваниями, связанными с обменом веществ (хронические заболевания печени, почек, поджелудочной железы, врожденные метаболические заболевания, аутоиммунные заболевания, воспалительные заболевания кишечника, целиакия);

– сахарный диабет 1 типа;

– неконтролируемый сахарный диабет 2 типа;

– злокачественные новообразования в анамнезе;

– неконтролируемые нарушения липидного обмена;

– испытуемый находится на какой-либо диете;

– использование каких-либо биологических пищевых добавок в течение 3 месяцев до включения в исследования;

– прием лекарственных средств, которые, влияют на уровень глюкозы;

– невозможность выполнять рекомендации исследователя.

ГИ находили путем обработки данных в программе Microsoft Excel по графикам зависимости содержания глюкозы в капиллярной крови от времени, установленного после употребления стандартизированной порции продукта [25, 26]. В исследовании использовали порции продукта, содержащие 50 г углеводов. Схема проведения эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 2. Схема проведения эксперимента

Table 2. Experimental design

№	Продукт	Измерение глюкозы через, мин
1	Глюкоза натощак	30, 60, 90, 120
2	Свежеприготовленные высокобелковые продукты	30, 60, 90, 120
3	Замороженные высокобелковые продукты до температуры -10°C и разогретые	30, 60, 90, 120
4	Замороженные высокобелковые продукты до температуры -18°C и разогретые	30, 60, 90, 120

Для отбора крови использовали систему контроля уровня глюкозы в крови ACCU-CHECK® Active, предназначенную для количественного измерения уровня глюкозы (сахара) капиллярной крови [27]. Отбор крови осуществляли, используя стерильные одноразовые ланцеты, спиртовые салфетки. Экспресс-содержание глюкозы устанавливали при помощи одноразовых тест-полосок на приборе ACCU-CHECK® Active. Ошибка параллельных определений – 10%.

Методика определения ГИ регламентируется международным стандартом ISO 26642:2010. Согласно данному стандарту площадь под получившейся кривой называется IAUC – Incremental Area Under the (blood glucose response) Curve, что перево-

дится как площадь под кривой (уровня сахара в крови). Так как изменение уровня сахара в крови в результате употребления одной и той же порции продукта каждым из добровольцев будет различным, для одного исследуемого продукта питания получено 4 значения IAUC [25, 26].

Аналогичным образом для каждого из добровольцев определяли IAUC эталонного продукта (50 г чистой глюкозы). GI вычислили по следующей формуле:

$$GI = (IAUC_{\text{продукта}} / IAUC_{\text{глюкозы}}) \times 100. \quad (2)$$

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований представлены в таблицах 3-7 и на рисунках 1-4. Так, в таблице 3 представлено моделирование рецептурного состава высокобелковых блинов и оладий в программе Matlab, в таблице 4 – рабочие рецептуры смеси для приготовления высокобелковых блинов и оладий, в таблице 5 – органолептические показатели высокобелковых блинов и оладий, в таблице 6 – физико-химические показатели высокобелковых блинов и оладий, а в таблице 7 – GI высокобелковых блинов и оладий при различной температурной обработке. На рисунке 1 показаны фотографии лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий, на рисунке 2-4 – изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых блинов и оладий: на рисунке 2 – пшеничных блинов с КСБ-80, на рисунке 3 – пшеничных блинов с КСБ-80 и пшеничным белком, на рисунке 4 – ржано-пшеничных оладий с пшеничным белком.

Разработка компонентного состава высокобелковых изделий на основе мучного сырья с использованием белков различного происхождения. Разработка компонентного состава и изготовление высокобелковых блинов и оладий с использованием белков растительного происхождения. На основании проведенного математического моделирования (табл. 3) установлены, что условия приготовления:

– ржано-пшеничных блинов с пшеничным белком и содержанием в 100 г го-

тового изделия не менее 20 г белка, необходима дозировка пшеничной муки в/с – 22,8%, муки ржаной – 33,5%, яичного порошка – 6,5%, молока сухого обезжиренного – 12,5% и пшеничного белка – 23,7%, соли морской – 1%; при этом общая калорийность составляла 345,1 ккал (100%), белка – 131,2 ккал (38%), жиров – 31,5 ккал (9,1%) и углеводов – 182,4 ккал (52,8%).

– пшенично-гречневых оладий с гороховым белком с расчетным содержанием белка не менее 20 г на 100 г готового изделия необходимо гречневой муки – 39,1%, пшеничной муки в/с – 17%, яичного порошка – 2,8%, молока сухого обезжиренного – 17,1%, горохового белка – 23%, соли морской – 1%; при этом общая калорийность составляла 345,2 ккал (100%), белка – 131,6 ккал (38,1%), жиров – 16,8 ккал (4,9%) и углеводов – 196,8 ккал (57%).

Анализ органолептических показателей приготовленных лабораторных образцов высокобелковых ржано-пшеничных блинов с пшеничным белком и высокобелковых пшенично-гречневых оладий с гороховым белком по форме, поверхности, цвету, вкусу и запаху полностью соответствуют заявленным продуктам – блинам и оладьям (рис. 1 и табл. 5). Выход готового продукта после жарки составил 170-180 г.

Разработка компонентного состава и изготовление высокобелковых блинов и оладий с использованием белков животного происхождения. *Разработка компонентного состава и изготовление высокобелковых блинов и оладий с использованием концентрата сывороточного белка.* В ходе проведения экспериментальной апробации рабочих рецептур, полученных с помощью программы Matlab, было установлено, что расчетное содержание сухого молока (10-25%) в составе разрабатываемых изделий имело отрицательный эффект: готовая продукция быстро пригорала при приготовлении, поэтому было решено уменьшить его количество. Кроме того, в состав высокобелковых блинов и оладий для получения

хороших органолептических свойств было предложено внести пекарский порошок. Внешний вид высокобелковых пшенично-гречневых оладий с КСБ-80 и высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80 продемонстрирован на рисунке 1, а их органолептические характеристики (форма, поверхность, цвет, консистенция, вкус и запах) подробно описаны в таблице 5.

Таким образом, с учётом результатов математического моделирования (табл. 3) для приготовления высокобелковых пшенично-гречневых оладий с КСБ-80 требовалась дозировка (табл. 4) пшеничной муки в/с – 25%, гречневой муки – 22%, КСБ-80 – 42,3%, молока сухого обезжиренного – 7%, соли морской – 1,2%, пекарского порошка – 2,5%. Расчетная общая калорийность высокобелковых пшенично-гречневых оладий составила 347,4 ккал (100%), при этом калорийность белков – 168,4 ккал (48,5%), жиров – 27 ккал (7,8%), углеводов – 152 ккал (43,7%). Для приготовления высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80, основываясь на результатах математического моделирования (табл. 3), необходима дозировка (табл. 4) пшеничной муки в/с – 45%, КСБ-80 – 42%, молока сухого обезжиренного – 9,3%, соли морской – 1,2%, пекарского порошка – 2,5%. У высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80 общая калорийность была 358,9 ккал (100%), калорийность белка – 172,4 ккал (48%), калорийность жиров – 36,1 ккал (10%), калорийность углеводов – 150,4 ккал (42%).

Выход готового продукта после жарки составил 165-170 г.

Разработка компонентного состава и изготовление лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий с использованием молочного и яичного белков. По результатам математического моделирования (табл. 3) для получения пшеничных оладий с молочным белком необходима дозировка (табл. 4) муки пшеничной в/с – 47%, КСБ-80 – 42%, молока сухого обезжиренного – 7,3%, соли морской – 1%, пекарского порошка – 2,7% (общая калорийность – 344,1 ккал (100%): калорийность

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

белка – 175,6 ккал (51%), калорийность жиров – 11,7 ккал (3,4%) и калорийность углеводов – 156,8 ккал (45,6%)), а для получения пшенично-ржаных блинов с яичным белком необходима дозировка (табл. 4) муки пшеничной в/с – 32%, муки ржаной обдирной – 14,3%, яичного белка – 43%, молока сухого обезжиренного – 7%, соли морской – 1,2%, пекарского порошка – 2,5% (общая калорийность – 297 ккал (100%): калорийность белка – 176 ккал (59,2%), калорийность жиров – 7,02 ккал (2,4%) и калорийность углеводов – 114 ккал (38,4%)).

При приготовлении пшеничных оладий с молочным белком было установлено, что в начале жарки оладьи быстро поднимаются и вспениваются, что затрудняет процесс их приготовления. Однако, затем они приобретают стандартную форму. Консистенция оладий была несколько водянистая, не совсем характерная для этого вида изделий. Процесс приготовления пшенично-ржаных блинов с яичным белком не вызвал серьезных проблем. Форма, консистенция и вкус пшенично-ржаных блинов были в пределах нормальных значений, характерных для этого вида изделий.

Внешний вид лабораторных образцов показан на рисунке 1, а и органолептические показатели представлены в таблице 5.

Как видно из представленных данных, полученные продукты имеют определенные недостатки. Оценка органолептических показателей (табл. 5) показала, что лабораторные образцы пшеничных оладий с молочным белком имеют не плотную, водянистую консистенцию и выраженный вкус казеина, что негативно сказывается на их потребительских свойствах. Консистенция пшенично-ржаных блинов была заниженной влажности.

Полученные результаты исследований органолептических показателей лабораторных образцов дают возможность сделать вывод о том, что молочный белок необходимо смешивать с другими видами белков, предпочтительно растительного происхождения для маскировки неприятного вкуса.

Таблица 3. Моделирование рецептурного состава высокобелковых блинов и оладий в программе Matlab
Table 3. Modeling the recipe composition of high-protein pancakes and fluffy pancakes in the Matlab program

Алгоритм	Результат
1. Рецептурный состав высокобелковых блинов и оладий с растительным белком	
1.1 Рецептурный состав ржано-пшеничных блинов и оладий с пшеничным белком	
f=[310;334;542;362.2;352]; A=[-8.9 -10.8 -46 -33.2 -70]; b=[-20]; Aeq=[1 1 1 1 1]; beq=[1]; lb=[0.4;0.2;0.05;0.10;0.1]; rb=[0.5;0.3;0.1;0.15;0.3]; [x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)	x ₁ = 0.50 x ₂ = 0.25 x ₃ = 0.05 x ₄ = 0.10 x ₅ = 0.10 fval = 310.3
1.2. Рецептурный состав пшенично-гречневых оладий с гороховым белком	
f=[353;334;542;362;340]; A=[-13.6 -10.8 -46 -33.2 -84]; b=[-20]; Aeq=[1 1 1 1 1]; beq=[1]; lb=[0.5;0.2;0.05;0.10;0.1]; rb=[0.6;0.3;0.1;0.15;0.3]; [x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)	x ₁ = 0.5000 x ₂ = 0.2500 x ₃ = 0.0500 x ₄ = 0.1000 x ₅ = 0.1000 fval = 323.5
2. Рецептурный состав блинов и оладий с КСБ-80	
2.1. Рецептурный состав пшенично-гречневых оладий с КСБ-80	
f=[334;353;362;385]; A=[-10.8 -13.6 -33.2 -80]; b=[-20]; Aeq=[1 1 1 1]; beq=[1]; lb=[0.4;0.2;0.05;0.2]; rb=[0.5;0.3;0.1;0.3]; [x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)	x ₁ = 0.4000 x ₂ = 0.2000 x ₃ = 0.2100 x ₄ = 0.19000 fval = 444.2
2.2. Рецептурный состав пшеничных блинов с КСБ-80	
f=[334;362;385]; A=[-10.8 -33.2 -80]; b=[-20]; Aeq=[1 1 1]; beq=[1]; lb=[0.1;0.05;0.1]; rb=[0.5;0.1;0.4]; [x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)	x ₁ = 0.5000 x ₂ = 0.1000 x ₃ = 0.4000 fval = 354.7
3. Рецептурный состав блинов и оладий с животным белком	
3.1. Рецептурный состав пшеничных оладий с КМБ-80	
f=[334;298;362]; A=[-10.8 -81 -33.2]; b=[-20]; Aeq=[1 1 1]; beq=[1]; lb=[0.4;0.3;0.05]; rb=[0.5;0.4;0.1]; [x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb) Optimization terminated.	x ₁ = 0.5000 x ₂ = 0.4000 x ₃ = 0.1000 fval = 343.2
3.2. Рецептурный состав пшенично-ржаных блинов с яичным белком	
f=[334;310;340;362]; A=[-10.8 -8.9 -85 -33.2]; b=[-20]; Aeq=[1 1 1 1]; beq=[1]; lb=[0.2;0.1;0.3;0.05]; rb=[0.4;0.2;0.4;0.1]; [x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb) Optimization terminated.	x ₁ = 0.3619 x ₂ = 0.2000 x ₃ = 0.3881 x ₄ = 0.0500 fval = 332.9
4. Рецептурный состав блинов и оладий с комбинацией белков растительного и животного происхождения	
4.1. Рецептурный состав пшеничных оладьи с гороховым и молочным белком	
f=[334;542;362; 340; 298]; A=[-10.8 -46 -33.2 -84 -81]; b=[-20]; Aeq=[1 1 1 1 1 1]; beq=[1]; lb=[0.4;0.1;0.05; 0.05; 0.2]; rb=[0.5;0.2;0.1; 0.15; 0.3]; [x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)	x ₁ = 0.5000 x ₂ = 0.0500 x ₃ = 0.1000 x ₄ = 0.1500 x ₅ = 0.2000 fval = 343.2
4.2. Рецептурный состав пшеничных блины с КСБ-80 и пшеничным белком	
f=[334;542;362;352,385]; A=[-10.8 -46 -33.2 -70 -80]; b=[-20]; Aeq=[1 1 1 1 1]; beq=[1]; lb=[0.2;0.02;0.05;0.05; 0.1]; rb=[0.6;0.05;0.1;0.1; 0,15]; [x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,rb)	x ₁ = 0.6000 x ₂ = 0.0500 x ₃ = 0.1000 x ₄ = 0.10000 x ₅ = 0.15000 fval = 332.9

Таблица 4. Рабочие рецептуры смеси для приготовления высокобелковых блинов и оладий

Table 4. Working mixture recipes for preparing high-protein pancakes and fluffy pancakes

Наименование компонентов	Количество, %	Расчетное количество г в 100 г смеси		
		Белки	Жиры	Углеводы
1. Рабочие рецептуры смесей для приготовления высокобелковых блинов и оладий с растительным белком				
1.1. Рабочая рецептура смеси для приготовления высокобелковых ржано-пшеничных блинов с пшеничным белком				
Пшеничная мука в/с	22,8	2,8	0,3	15,9
Ржаная мука	33,5	3	0,6	20,7
Яичный порошок	6,5	3	2,4	0,3
Молоко сухое обезжиренное	12,5	4,2	0,1	6,6
Соль морская	1	0	0	0
Пшеничный белок	23,7	20,1	0,1	2,1
Итого, г:	100	33,1	3,5	45,6
Калорийность, ккал	345,1	131,2	31,5	182,4
Калорийность, %	100	38,0	9,1	52,8
1.2. Рабочая рецептура сухой смеси высокобелковых пшенично-гречневых оладий с гороховым белком				
Гречневая мука	39,1	5,3	0,46	28,11
Пшеничная мука в/с	17	2	0,2	11,8
Яичный порошок	2,8	1,3	1	0,12
Молоко сухое обезжиренное	17,1	5,7	0,2	9
Соль морская	1	0	0	0
Гороховый белок	23	18,8	0,01	0,18
Итого, г:	100	33,1	2	49
Калорийность смеси, ккал	345,2	131,6	16,8	196,8
Калорийность смеси, %	100	38,1	4,9	57,0
2. Рабочая рецептура сухой смеси высокобелковых блинов и оладий с КСБ-80				
2.1. Рабочая рецептура смеси для приготовления высокобелковых пшенично-гречневых оладий с КСБ-80				
Пшеничная мука в/с	25	2,7	0,4	16,9
Гречневая мука	22	3	0,3	15,8
КСБ-80	42,3	33,8	2,3	0,9
Молоко сухое обезжиренное	7	2,5	0	3,8
Соль морская	1,2	0	0	0
Пекарский порошок	2,5	0,1	0,01	0,625
Итого, г:	100	42,1	3	38
Калорийность, ккал	347,4	168,4	27	152
Калорийность, %	100	48,5	7,8	43,7
2.2. Рабочая рецептура смеси высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80				
Пшеничная мука в/с	45	5	1	31
КСБ-80	42	34	3	1
Молоко сухое обезжиренное	9,3	4	0	5
Соль морская	1,2	0	0	0
Пекарский порошок	2,5	0,1	0,01	0,625
Итого, г:	100	43,1	4,01	37,6
Калорийность смеси, ккал	358,9	172,4	36,1	150,4
Калорийность смеси, %	100	48	10	42
3. Рабочие рецептуры смесей для приготовления высокобелковых блинов и оладий с животным белком				
3.1. Рецептура сухой смеси высокобелковых пшеничных оладий с КМБ				
Пшеничная мука в/с	47	5,1	0,6	32,9
КМБ	42	36,1	0,6	1,9
Молоко сухое обезжиренное	7,3	2,6	0,04	3,8
Соль морская	1	0	0	0
Пекарский порошок	2,7	0,1	0,01	0,63
Итого, г:	100	43,9	1,3	39,2
Калорийность смеси, ккал	344,1	175,6	11,7	156,8
Калорийность смеси, %	100	51	3,4	45,6
3.2. Рецептура сухой смеси высокобелковых пшенично-ржаных блинов с яичным белком				
Пшеничная мука в/с	32	3,5	0,5	22,4
Ржаная мука обдирная	14,3	1,3	0,2	0,9
Яичный белок	43	36,6	0,04	0,9
Молоко сухое обезжиренное	7	2,5	0,03	3,7
Соль морская	1,2	0	0	0
Пекарский порошок	2,5	0,1	0,01	0,62
Итого, г:	100	44	0,78	28,5
Калорийность смеси, ккал	297	176	7,02	114
Калорийность смеси, %	100	59,2	2,4	38,4
4. Рабочие рецептуры смесей для приготовления высокобелковых блинов и оладий с комбинацией белков растительного и животного происхождения				
4.1. Рецептура сухой смеси высокобелковых пшеничных оладий с молочным и гороховым белком				
Пшеничная мука в/с	53	5,7	0,7	37
Соль морская	1,4	0	0	0
Сахар	2	0	0	2
Яичный порошок	1,2	0,6	0,4	0,1
Молоко сухое обезжиренное	4,5	1,5	0	2,4
Дрожжи	0,9	0,4	0,1	0,4
Сыворотка молочная под-сырная	2	0,2	0	1,4
Гороховый белок	20	16,3	0	0,2
КМБ	15	12,2	0,2	0,8
Итого	100	36,9	1,5	44,1
Калорийность, ккал	337,4	147,6	12,6	177,2
Калорийность смеси, %	100	43,7	3,8	52,5

Окончание таблицы 4/end of table 4

4.2. Рецепт сухих смеси высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80 и пшеничным белком				
Пшеничная мука в/с	55	5,9	0,7	38,4
Соль морская	1,4	0	0	0
Сахар	2	0	0	2
Яичный порошок	1,6	0,7	0,6	0,1
Молоко сухое обезжиренное	5	1,7	0,1	2,6
КСБ-80	20	16	1,1	0,4
Пшеничный белок	15	10,5	0	2,7
Итого	100	34,8	2,5	46,2
Калорийность, ккал	346,5	139,2	22,5	184,8
Калорийность смеси, %	100	40,2	6,5	53,3



Пшенично-гречневые оладьи с растительным белком



Ржано-пшеничные блины с растительным белком



Пшенично-гречневые оладьи с КСБ-80



Пшеничные блины с КСБ-80



Оладьи пшеничные с КМБ



Пшенично-ржаные блины с яичным белком



Пшеничные оладьи с гороховым и КМБ



Пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком

Рис. 1. Фотографии лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий

Fig. 1. Pictures of laboratory samples of high-protein pancakes and fluffy pancakes

Таблица 5. Органолептические показатели высокобелковых блинов и оладий
Table 5. Organoleptic properties of high-protein pancakes and fluffy pancakes

Наименование показателей	Характеристика
1. Высокобелковые ржано-пшеничные блины и пшенично-гречневые оладий с белками растительного происхождения	
Форма	Плоская, округлая
Поверхность	Гладкая, с мелкой равномерной пористостью, без трещин, сквозных отверстий и подрывов
Цвет	От золотистого до светло-коричневого
Консистенция	Однородная, мягкая, не липкая и не подсохшая
Вкус и запах	Свойственные, данным видам изделий, без постороннего вкуса и запаха (для блинов), с легким гречневым и гороховым привкусом и ароматом (для оладий)
2. Высокобелковые пшеничные блины и пшенично-гречневые оладий с КСБ-80	
Форма	Плоская, округлая
Поверхность	Гладкая, с мелкой равномерной пористостью, без трещин, сквозных отверстий и подрывов
Цвет	От золотистого до светло-коричневого
Консистенция	Однородная, мягкая, не липкая и не подсохшая, свойственная данному тесту
Вкус и запах	Свойственные данным видам изделий, без постороннего вкуса и запаха
3. Высокобелковые пшеничные оладий с молочным белком	
Форма	Плоская, округлая
Поверхность	Гладкая, с мелкой равномерной пористостью, без трещин, сквозных отверстий и подрывов
Цвет	От золотистого до светло-коричневого
Консистенция	Однородная, мягкая, водянистая, не свойственная данному изделию (для оладий с молочным белком). Однородная, мягкая, не липкая, суховатая (для блинов)
Вкус	Свойственный данному виду изделий, без постороннего вкуса. Небольшой привкус казеина для оладий
Запах	Свойственный данным видам изделий, без постороннего запаха
4. Высокобелковые блины и оладий с комбинацией белков животного и растительного происхождения	
Форма	Плоская, округлая
Поверхность	Гладкая, с мелкой равномерной пористостью, без трещин, сквозных отверстий и подрывов
Цвет	От золотистого до светло-коричневого
Консистенция	Однородная, мягкая
Вкус и запах	Свойственные данным видам изделий, без посторонних вкуса и запаха

Яичный белок целесообразно смешать с концентратом сывороточного белка, т.к. КСБ достаточно быстро усваивается в организме, а яичный белок медленнее. Это даст возможность использовать как энергетические, так пластические ресурсы этих белков более эффективно.

Разработка компонентного состава и изготовление лабораторных образцов высокобелковых блинов и оладий с использованием комбинации белков животного и растительного происхождения. На основании проведенного математического моделирования (табл. 3) было установлено, что для приготовления высокобелковых блинов и

оладий с использованием комбинации белков животного и растительного происхождения (высокобелковых пшеничных оладий с молочным и гороховым белком, а также высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80 и пшеничным белком), соответственно необходимо (табл. 4) пшеничной муки в/с – 53 и 55%, соли морской – 1,4 и 1,4%, сахара – 2 и 2%, молоко сухого обезжиренного – 4,5 и 5%, дрожжи – 0,9 и 0%, сыворотки молочной подсырной – 2 и 0%, горохового белка – 20 и 0%, молочного белка – 15 и 0%, яичного порошка 0 и 1,6%, КСБ-80 – 0 и 20%, пшеничного белка – 0 и 15%. При этом у высокобелковых пшеничных оладий с молочным и гороховым белком, а также высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80 и пшеничным белком, соответственно, общая калорийность составляла 337,6 ккал (100%) и 346,5 ккал (100%), калорийность белка – ккал (%) и ккал (%), калорийность жиров – ккал (%) и ккал (%), углеводов – ккал (%) и ккал (%).

Оценка органолептических показателей (формы, поверхности, цвета, консистенции, вкуса и запаха) показала, что приготовленные лабораторные образцы (рис. 1) высокобелковых блинов и оладий с использованием комбинации белков животного и растительного происхождения (высокобелковых пшеничных оладий с молочным и гороховым белком, а также высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80 и пшеничным белком) соответствовали данным видам изделий (табл. 5).

Подбор температурных режимов заморозки, размораживания полуфабрикатов и разогрева готовых продуктов, исследование физико-химических показателей качества и безопасности. Проведенные нами исследования показали, что размораживание замороженных полуфабрикатов высокобелковых мучных изделий (блинов и оладий) в печи СВЧ при мощности 200 W в течение 3 мин и последующим разогревом при мощности 450–700W (t~100°C)

в течение 3-4 мин менее эффективно, чем разогрев при мощности 600W ($t \sim 100^\circ\text{C}$) в течение 4 мин без предварительной разморозки изделий.

Кроме того, менее эффективным является также режим разогрева в духовом шкафу при $160-180^\circ\text{C}$ в течение 5-10 мин. Разогретые изделия получаются более сухими и жесткими из-за испарения влаги. Поэтому после всех режимов заморозки мы использовали единый режим разогрева в печи СВЧ при мощности 600W ($t \sim 100^\circ\text{C}$) в течение 4 мин.

В результате проведенного исследования влияния температурных режимов охлаждения и замораживания (4°C , -10°C , -18°C) на физико-химические характеристики (массовая доля белка, массовая доля жира, массовая доля клетчатки, массовая доля углеводов) наблюдаются, соответственно, следующие колебания (табл. 6):

1) для ржано-пшеничных оладий с пшеничным белком: 19,4-20,2%, 6,0-6,7%, 0,5-1,6%, 19,8-21,8%;

2) для пшенично-гречневых оладий с гороховым белком: 17,3-18,2%, 6,0-6,7%, 1,2-3,5%, 20,8-22,3%;

3) для пшеничных блинов с КСБ-80: 20,5-23,2%, 4,0-5,2%, 1,7-3,1%, 19,7-21,2%;

4) для пшенично-ржаных блинов с яичным белком: 16,5-20,5%, 1,2-6,9%, 1,1-6,5%, 17,9-20,5%;

5) для пшеничных блинов с КСБ-80 и пшеничным белком: 13,7-15,2%, 10,0-14,6%, 1,3-3,2%, 32,8-36,1%;

6) для пшенично-гречневых оладий с КСБ-80: 20,4-22,0%, 6,0-6,7%, 0,6-1,4%, 20,8-22,3%;

7) для пшеничных оладий с КМБ: 16,4-18,0%, 4,8-7,0%, 1,4-3,6%, 15,4-18,9%;

8) для пшеничных оладий с КМБ и гороховым белком: 13,9-15,2%, 10,0-14,6%, 1,5-2,6%, 23,6-25,0%.

Оценка пищевой ценности показала, что все лабораторные образцы блинов и оладий отвечают необходимым критериям ГОСТ 34006 и могут маркироваться как продукты с

высоким содержанием белка, т.е. белок в их составе обеспечивает не менее 20% калорийности пищевой продукции.

Таблица 6. Физико-химические показатели высокобелковых блинов и оладий

Table 6. Physical and chemical properties of high-protein pancakes and fluffy pancakes

Наименование показателей	Температурные режимы охлаждения и замораживания		
	4°C	-10°C	-18°C
1. Ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком			
Массовая доля белка, %	19,4 ± 2,9	20,2 ± 3,5	20,0 ± 4,2
Массовая доля жира, %	6,5 ± 1,1	6,0 ± 0,9	6,7 ± 1,2
Массовая доля клетчатки, %	0,5 ± 0,1	0,8 ± 0,1	1,6 ± 0,3
Массовая доля углеводов, %	19,8 ± 4,0	20,3 ± 3,6	21,8 ± 4,3
2. Пшенично-гречневые оладьи с гороховым белком			
Массовая доля белка, %	17,3 ± 2,7	17,9 ± 2,1	18,2 ± 3,2
Массовая доля жира, %	6,5 ± 1,2	6,0 ± 1,3	6,7 ± 1,0
Массовая доля клетчатки, %	1,2 ± 0,2	2,4 ± 0,4	3,5 ± 0,4
Массовая доля углеводов, %	20,8 ± 3,4	21,3 ± 2,7	22,3 ± 4,0
3. Пшеничные блины с КСБ-80			
Массовая доля белка, %	20,5 ± 3,9	22,0 ± 2,9	23,2 ± 4,8
Массовая доля жира, %	4,0 ± 0,6	4,3 ± 0,8	5,2 ± 0,6
Массовая доля клетчатки, %	1,7 ± 0,3	2,4 ± 0,5	3,1 ± 0,5
Массовая доля углеводов, %	19,7 ± 3,2	20,8 ± 3,1	21,2 ± 3,7
4. Пшенично-ржаные блины с яичным белком			
Массовая доля белка, %	16,5 ± 2,4	18,1 ± 3,1	20,5 ± 3,0
Массовая доля жира, %	1,2 ± 0,2	4,4 ± 0,6	6,9 ± 1,0
Массовая доля клетчатки, %	1,1 ± 0,2	3,5 ± 0,7	6,5 ± 0,9
Массовая доля углеводов, %	18,5 ± 3,7	17,9 ± 3,0	20,5 ± 3,3
5. Пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком			
Массовая доля белка, %	13,7 ± 2,0	14,0 ± 2,0	15,2 ± 2,7
Массовая доля жира, %	11,9 ± 1,8	10,0 ± 2,2	14,6 ± 2,6
Массовая доля клетчатки, %	1,3 ± 0,3	2,1 ± 0,3	3,2 ± 0,5
Массовая доля углеводов, %	32,8 ± 7,2	35,1 ± 6,6	36,1 ± 6,5
6. Пшенично-гречневые оладьи с КСБ-80			
Массовая доля белка, %	20,4 ± 2,3	21,2 ± 3,4	22,0 ± 4,0
Массовая доля жира, %	6,5 ± 1,1	6,0 ± 0,9	6,7 ± 1,0
Массовая доля клетчатки, %	0,6 ± 0,1	0,9 ± 0,1	1,4 ± 0,3
Массовая доля углеводов, %	20,8 ± 2,9	21,3 ± 4,0	22,3 ± 3,9
7. Пшеничные оладьи с КМБ			
Массовая доля белка, %	16,6 ± 3,1	16,4 ± 3,0	18,0 ± 2,5
Массовая доля жира, %	6,5 ± 0,9	4,8 ± 0,8	7,0 ± 1,4
Массовая доля клетчатки, %	1,4 ± 0,3	3,6 ± 0,5	3,4 ± 0,5
Массовая доля углеводов, %	15,4 ± 3,4	18,9 ± 2,8	17,9 ± 3,9
8. Пшеничные оладьи с КМБ и гороховым белком			
Массовая доля белка, %	13,9 ± 2,0	15,2 ± 2,7	14,6 ± 2,1
Массовая доля жира, %	11,9 ± 2,1	10,0 ± 1,8	14,6 ± 2,9
Массовая доля клетчатки, %	1,5 ± 0,3	2,3 ± 0,4	2,6 ± 0,3
Массовая доля углеводов, %	24,6 ± 4,9	23,6 ± 3,5	25,0 ± 4,2

В результате количественного анализа содержания резистентного крахмала в лабораторных образцах высокобелковых продуктов установлено, что снижение температуры высокобелковых мучных изделий (блинов и оладий) до -10°C и -18°C привело к увеличению количества резистентного крахмала на 11,1-29,4% по отношению к охлажденным до 4°C продуктам.

Увеличение после замораживания-оттаивания почти во всех образцах блинов и оладий массовой доли белков, жиров, углеводов и клетчатки может быть связано с существенным их обезвоживанием, что характерно для сублимационной сушки.

Исследование влияния разработанных высокобелковых продуктов, подвергшихся в форме полуфабрикатов различной температурной обработке, на постпрандиальный гликемический ответ у здоровых взрослых добровольцев.

Результаты исследования влияния высокобелковых изделий на основе мучного сырья на постпрандиальный глюкозный ответ у здоровых взрослых добровольцев представлены на рисунках 2-4.

Как видно из данных, представленных на рисунках 2-4, пиковое повышение уровня глюкозы в крови испытуемых добровольцев при потреблении высокобелковых блинов и оладий, замороженных до температуры -10°C , было меньше на 3,8-4,6%; до температуры -18°C – меньше на 4,7-12,3%, чем после потребления свежеприготовленных изделий.

На основании полученных данных произведен расчет ГИ высокобелковых продуктов питания на основе мучного сырья, представленный в таблице 7.

Таким образом установлено, что шоковая заморозка полуфабрикатов высокобелковых мучных изделий – блинов и оладий – до -18°C , способствует снижению ГИ. За счет заморозки, предположительно за счет образования резистентного крахмала, который способствует меньшему повышению уровня глюкозы в крови, постпрандиальный глюкозный ответ у здоровых добровольцев при употреблении блинов снизился на 7,7%, дополнительно замещение углеводов белком составило 23,2%. В итоге ГИ уменьшился на 30,9% (с 73 до 50). При употреблении оладий постпрандиальный глюкозный ответ у здоровых добровольцев снизился на 12,3%, замещение углеводов белком составило 15,2%. Общее снижение ГИ составило 27,5% (с 73 до 53).

Вероятнее всего замораживание крахмалистой пищи приводит к разрушению структуры крахмала, в результате чего образуется резистентный крахмал, который ведет себя как клетчатка. Это приводит к

более медленному повышению уровня сахара в крови, что может снизить риск развития диабета 2 типа и увеличения веса.

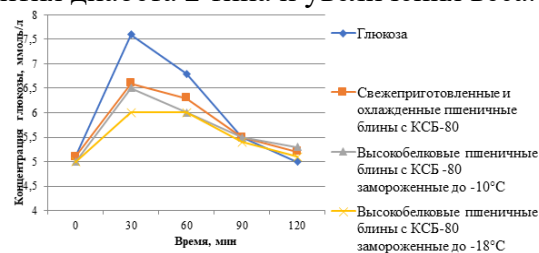


Рис. 2. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80, подвергшихся в форме полуфабрикатов низкотемпературной обработке

Fig. 2. Changes in blood glucose levels in volunteers consuming high-protein wheat pancakes with WBC-80, subjected to low-temperature processing in the form of semi-finished products

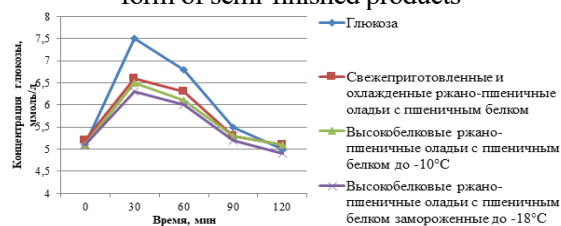


Рис. 3. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых пшеничных блинов с КСБ-80 и пшеничным белком, подвергшихся в форме полуфабрикатов низкотемпературной обработке

Fig. 3. Changes in blood glucose levels in volunteers consuming high-protein wheat pancakes with WPC-80 and wheat protein, subjected to low-temperature processing in the form of semi-finished products

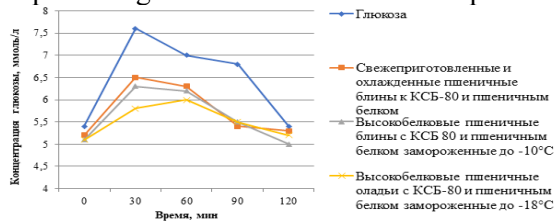


Рис. 4. Изменение уровня глюкозы в крови добровольцев при потреблении высокобелковых ржано-пшеничных оладий с пшеничным белком, подвергшихся в форме полуфабрикатов низкотемпературной обработке

Fig. 4. Changes in blood glucose levels in volunteers after consumption of high-protein rye-wheat pancakes with wheat protein, processed at low temperatures in the form of semi-finished products

Основой для создания высокобелковых мучных продуктов (блинов и оладий) был анализ качественных характеристик и подбор доступных на рынке типов муки. В качестве наиболее интересных и перспективных можно выделить ржаную муку [28-30] и гречневую муку [31-33].

Ржаная мука в настоящее время является второй после пшеничной муки по частоте использования в пищевой промышленности. Использование данного вида муки представляет собой большой интерес из-за ее более высоких питательных качеств по сравнению с пшеничной, а именно: высокого содержания лизина, пищевых волокон, арабиноксилана, β -глюкана, витаминов (α -токоферола, витаминов группы В), минералов (кальция, магния, железа), фенольных кислот, алкилрезорцинов (фенольных липидов) и стериннов, которые способны оказывать положительное влияние на здоровье человека [28-30].

Гречневая мука в своем составе содержит большое количество необходимых для человеческого организма витаминов и минералов, совершенно не содержит глютена, является важным источником растительного сбалансированного по аминокислотному составу белка с высоким уровнем незаменимых аминокислот (лизина, валина и лейцина), а также является ценным источником витаминов (группы В, витаминов Р и РР), минеральных веществ (магния, цинка, железа, калия), пищевых волокон (пектина и лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы), что в совокупности позволяет оказывать на организм человека оздоравливающий и детоксикационный эффект – положительно влиять на сосудистую систему, укреплять капилляры, способствовать правильной работе печени, помогать выведению токсинов и снижать количество холестерина в крови [31-33].

В современной технологии и науке известны РК₃ – ретроградированный крахмал в форме нерастворимого в воде крахмального клейстера полукристаллической структуры

[34, 35]. При образовании этого типа, длинно-разветвленные цепи амилопектина образуют двойные спирали, которые не могут гидролизироваться пищеварительными ферментами. Он содержится в подверженных тепловой обработке с последующим охлаждением испеченном хлебе, кукурузных хлопьях, отваренном картофеле, макаронных изделиях. Действие на нативный крахмал перепада температур приводит к возникновению структуры крахмала устойчивой к действию амилолитических ферментов, т.е. к ретроградации крахмального клейстера [36].

Таблица 7. ГИ высокобелковых блинов и оладий при различной низкотемпературной обработке их полуфабрикатов

Table 7. GI of high-protein pancakes and fluffy pancakes with different low-temperature processing of their semi-finished products

Наименование образца	Площадь под кривой изменения сахара в крови после употребления пищевого продукта (IAUC)	ГИ
1. Высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80		
Контроль (глюкоза)	142	100
Свежеприготовленные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80	103	73
Замороженные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 до температуры -10°C	92	65
Замороженные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 до температуры -18°C	86	60
2. Высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком		
Контроль (глюкоза)	135	100
Свежеприготовленные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком	94	70
Замороженные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком до температуры -10°C	91	67
Замороженные высокобелковые пшеничные блины с КСБ-80 и пшеничным белком до температуры -18°C	78	57
3. Ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком		
Контроль (глюкоза)	142	100
Свежеприготовленные высокобелковые ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком	91	64
Замороженные высокобелковые ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком до температуры -10°C	84	59
Замороженные высокобелковые ржано-пшеничные оладьи с пшеничным белком до температуры -18°C	73	51

Колебания в высокобелковых мучных продуктах (блинах и оладьях) массовой

доли белка, массовой доли жира, массовой доли клетчатки и массовой доли углеводов (табл. 6), а также изменения ГИ (табл. 7) могут быть связаны с процессами трансформации химических веществ, происходящими при температурной обработке (жарке, охлаждении, замораживании и разогревании) в продуктах питания [37, 38]:

- денатурации белка;
- реакции меланоидинообразования.

Денатурация белка, реакция меланоидинообразования (сахаро-аминная реакция, или реакция Майяра) способны влиять на уровень веществ с аминогруппой (аминокислот, белков и т.п.) и восстанавливающих сахаров (моносахаридов, дисахаридов, полисахаридов: крахмала и т.д.), понижая их. Кроме этого, процесс денатурации белка и реакция меланоидинообразования влияют на конформацию молекул и обуславливают появления резистентных к действию ферментов веществ, в особенности, крахмала.

Анализ смоделированных нами рабочих рецептур высокобелковых мучных изделий (блинов и оладий) с подобранными режимами замораживания с целью понижения ГИ готовой продукции позволяет в равной степени отнести данные пищевые продукты как к продуктам здорового питания, так и к продуктам спортивного питания [1–10]. Добавление в состав блинов и оладий протеинов различного происхождения (животного и растительного) будет способствовать оптимизации химического состава пищевых рационов людей, а высококачественные белки, содержащие все незаменимые аминокислоты, будут обеспечивать полноценный биосинтез белка в человеческом организме.

Благодаря наличию большого количества белка в рационе, увеличивается его пищевая плотность, что положительно влияет на обмен веществ, иммунитет и общую сопротивляемость организма к инфекциям, улучшит пищеварение и будет способствовать повышению физической активности и качества жизни. Учитывая

многообразие функций и биологических эффектов белка и его составляющих – аминокислот, белки будут способствовать снижению жировой массы тела, стимуляции роста мышц, а также поддержанию здоровья и физической формы. Использование в пищу продуктов с пониженным гликемическим индексом является очень важным условием для поддержания здоровья, в том числе для контроля веса тела.

Заключение. Анализ доступной литературы показывает, что для современного российского и белорусского пищевых рынков актуальными и перспективными являются высокобелковые традиционные для славянской кухни мучные изделия – блины и оладьи, которые позволили бы частично осуществить импортозамещение имеющихся в наших странах зарубежных дорогостоящих продуктов спортивного питания.

В результате проведенного исследования поставленная цель – исследовать влияние режимов температурной обработки полуфабрикатов высокобелковых мучных изделий на ГИ готовых продуктов спортивного питания – была достигнута:

– разработанные с применением математического моделирования высокобелковые блины и оладьи обладают улучшенными органолептическими и физико-химическими характеристиками, а также содержат белка не менее 15–20% в пересчете на сухое вещество;

– в процессе проведенных исследований на здоровых добровольцах было установлено, что при шоковой заморозке полуфабрикатов мучных изделий до -18°C ГИ снижался у добровольцев, употребивших блины на 7,7%, а при употреблении оладий на 12,3%;

– полученные высокобелковые блины и оладьи могут быть рекомендованы в качестве импортозамещающих продуктов питания для спортсменов-профессионалов, а также для людей, занимающихся спортом и ведущих активный здоровый образ жизни;

– изменения массовой доли белка, жира, клетчатки и углеводов, а также ГИ в готовых изделиях, возможно, связаны с процессами трансформации химических веществ, происходящими при температурной обработке (жарке, охлаждении, замораживании и разогревании), а также в результате денатурации белка и реакции меланоидинообразования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Development of Low Glycemic Index Pancakes Formulated with Canary Seed (*Phalaris Canariensis*) Flour / F. Escalante-Figueroa [et al.] // *Plant Foods Human Nutrition*. 2024. Vol. 79. P. 120-126. <https://doi.org/10.1007/s11130-023-01138-7>.
2. Oat-Based Foods: Chemical Constituents, Glycemic Index, and the Effect of Processing / K. Zhang [et al.] // *Foods*. 2021. Vol. 10. P. 1304. <https://doi.org/10.3390/foods10061304>.
3. Специализированный продукт для спортивного питания / Ю.А. Сияневский [и др.] // *Вестник Алматинского технологического университета*. 2024. № 1. С. 161–172. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-1-161-172>.
4. Новокшанова А.Л. Разработка научных принципов создания продуктов спортивного питания на основе молочного сырья: специальность 05.18.15 «Технология и товароведение пищевых продуктов и функционального и специализированного назначения и общественного питания»: дис. ... на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук. М., 2019. 487 с.
5. Разработка продукта для спортивного питания / Т.А. Яркова [и др.] // *Индустрия питания*. 2021. Т. 6, № 2. С. 75-83. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-2-9>.
6. Николаева М.А., Худяков М.С., Худякова О.Д. Классификация продуктов спортивного питания в России и за рубежом // *Пищевая индустрия*. 2019. Т. 40, № 2. С. 48-51. <https://doi.org/10.24411/9999-008A-2019-10006>.
7. Доронина О.К., Кулага Е.Н. Современные стратегии спортивного питания (обзорная статья) // *Человек. Спорт. Медицина*. 2022. 22 (S2). С. 131-138. <https://doi.org/10.14529/hsm22s217>.
8. Чуб О.П. Разработка оптимальной рецептуры блюд для спортивного питания с использованием математического моделирования // *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. 2020. № 4. С. 15-21. <https://doi.org/10.24411/2311-6447-2020-10077>.
9. Евсюкова А.О. Анализ научных разработок в области функциональных напитков для спортивного питания на основе патентных баз данных // *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2020. № 5/6 (377/378). С. 20-24. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.5-6.4>.
10. Гаврилова Н.Б., Щетинин М.П., Молибога Е.А. Современное состояние и перспективы развития производства специализированных продуктов для питания спортсменов // *Вопросы питания*. 2017. Т. 86, № 2. С. 23-31.
11. Колеман Э. Питание для выносливости. Мурманск: Тулома, 2005. 192 с.
12. Макгрегор Р. Спортивное питание: что есть до, во время и после тренировок. М.: Альпина Паблишер, 2016. 304 с.
13. ВОЗ (31.08.2018). Здоровое питание [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>.
14. Росляков Ю.Ф., Вершинина О.Л., Гончар В.В. Перспективные исследования хлебобулочных изделий функционального назначения // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2010. № 1. С. 123-124.
15. Обзор разработок мучных изделий для безглютенового и геродиетического питания / И.М. Жаркова [и др.] // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2019. Т. 81, № 1 (79). С. 213-217.

16. Росляков Ю.Ф., Вершинина О.Л., Гончар В.В. Хлебобулочные, макаронные и кондитерские изделия нового поколения: учебное пособие. 2-е изд. переработ. и доп. Краснодар: КубГТУ, 2014. 188 с.
17. Гончар В.В., Вершинина О.Л., Росляков Ю.Ф. Использование порошка из клубней топинамбура в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Хлебопродукты. 2013. № 10. С. 46–47.
18. Hattie N.H. Wright The glycaemic index and sports nutrition // South African Journal of Clinical Nutrition. 2005. Vol. 18 (3). P. 22-228. <https://doi.org/10.1080/16070658.2005.11734071>.
19. Похлёбкин В.В. Блины (Русская кухня). Национальные кухни наших народов. М.: Лёгкая и пищевая пром-сть, 1983. 304 с.
20. Похлёбкин В.В. Блины. Кулинарный словарь. М.: Э, 2015. 456 с.
21. Ковалёв Н.И. Блины, блинчики, оладьи. Блюда русского стола / Н.И. Ковалёв. СПб.: Лен-издат, 1995. 317 с.
22. Лутовинова И.С. Блин. Слово о пище русской. СПб.: Авалон, 2005. 288 с.
23. Сокольский И. У них на масленице жирной водились русские блины // Наука и жизнь. 2014. № 2. С. 108-113.
24. Дьяконов В.П. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения. 2-е изд., переработанное и дополненное (библиотека профессионала). М.: СОЛОН-Пресс, 2008. 800 с.
25. A glycaemic index compendium of non-western foods / J.H. Christiani [et al.] // Nutrition & Diabetes. 2021. Vol. 11, No. 2. P. 1021-1023. <https://doi.org/10.1038/s41387-020-00145-w>.
26. American Diabetes Association. Glycemic Targets: Standards of Medical Care in Diabetes – 2021 // Diabetes Care. 2021. Vol. 44, No. 1. P. S73-S84. <https://doi.org/10.2337/dc21-S006>.
27. Accu-Chek® Active. Internet information. – 2024 [Electronic resource]. URL: <https://www.accu-chek.com/en/meter-systems/active>.
28. Andlauer W., Furst P. Antioxidative power of phytochemicals with special reference to cereals // Cereal Foods World. 1998. Vol. 43, No. 5. P. 356-360.
29. Brennan C.S., Cleary L.J. The potential use of cereal (1→3,1→4)-β-d-glucans as functional food ingredients // Journal of Cereal Science. 2005. Vol. 42, No. 1. P. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.01.002>.
30. Effect of rye bread breakfasts on subjective hunger and satiety: a randomized controlled trial / H. Isaksson [et al.] // Journal of Nutrition. 2009. Vol. 26. P. 8-39. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-8-39>.
31. Гаврилова О.М. Сохранение свежести хлеба из смеси пшеничной и гречневой муки / О.М. Гаврилова [и др.] // Хлебопечение России. 2008. № 3. С. 18-20.
32. Гаврилова О.М., Матвеева И.В., Вакуленчик П.И. Приготовление хлеба с использованием гречневой муки // Хлебопечение России. 2007. № 3. С. 14-16.
33. Beneficial phytochemicals in potato – a review / R. Ezekiel [et al.] // Food Research International. 2013. Vol. 50, No. 2. P. 487-496. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2011.04.025>.
34. Sharma A., Yadav B.S. Resistant Starch: Physiological Roles and Food Applications // Food Reviews International. Ritika. 2008. Vol. 24, No. 2. P. 193-234. <https://doi.org/10.1080/87559120801926237>.
35. Effect of freeze-thaw treatment and pullulanase debranching on the structural properties and digestibility of starch-glycerol-monostearin complexes of lotus seeds / Dongkun Tu [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. Vol. 177. P. 447-454. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.168>.
36. Литвяк В.В. Крахмал и крахмалопродукты: монография / В.В. Литвяк [и др.]. Краснодар: КубГТУ, 2013. 204 с.
37. Атлас: иерархическая структура белковых веществ / В.В. Литвяк [и др.]. М.: ФЛИНТА, 2023. 297 с. ISBN 978-5-9765-5238-8.
38. Хлеб: технологии и рецептуры народов мира: монография / Ю.Ф. Росляков [и др.]. Краснодар: КубГТУ, 2022. 375 с.

REFERENCES

1. Development of low glycemic index pancakes formulated with canary seed (*Phalaris Canariensis*) Flour / F. Escalante-Figueroa [et al.] // *Plant Foods Human Nutrition*. 2024. Vol. 79. P. 120-126. <https://doi.org/10.1007/s11130-023-01138-7>.
2. Oat-Based Foods: Chemical Constituents, Glycemic Index, and the Effect of Processing / K. Zhang [et al.] // *Foods*. 2021. Vol. 10. P. 1304. <https://doi.org/10.3390/foods10061304>.
3. Specialized product for sports nutrition / Yu.A. Sinyavsky [et al.] // *Bulletin of Almaty Technological University*. 2024. Issue 1. P. 161–172. <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-1-161-172>. [In Russ.]
4. Novokshanova, A.L. Development of scientific principles for the creation of sports nutrition products based on dairy raw materials: specialty 05.18.15 “Technology and commodity science of food products for functional and specialized purposes and public catering”: dis. ... for the degree of Dr Sci. (Eng). Moscow, 2019. 487 p. [In Russ.]
5. Development of a product for sports nutrition / T.A. Yarkova [et al.] // *Food Industry*. 2021. Vol. 6, Issue 2. P. 75–83. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-2-9>. [In Russ.]
6. Nikolaeva, M.A., Khudyakov, M.S., Khudyakova, O.D. Classification of sport nutrition products in Russia and abroad // *Food industry*. 2019. Vol. 40, Issue 2. P. 48-51. <https://doi.org/10.24411/9999-008A-2019-10006>. [In Russ.]
7. Doronina, O.K., Kulaga, E.N. Modern strategies of sport nutrition (review article) // *Man. Sport. Medicine*. 2022. 22 (S2). P. 131-138. <https://doi.org/10.14529/hsm22s217>. [In Russ.]
8. Choob, O.P. Development of an optimal recipe for sports nutrition dishes using mathematical modeling // *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products*. 2020. Issue 4. P. 15-21. <https://doi.org/10.24411/2311-6447-2020-10077>. [In Russ.]
9. Evsyukova, A.O. Analysis of scientific developments in the field of functional drinks for sports nutrition based on patent databases // *News of higher educational institutions. Food technology*. 2020. Issue 5/6 (377/378). P. 20-24. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.5-6.4>. [In Russ.]
10. Gavrilova, N.B., Shchetinin, M.P., Moliboga, E.A. Current status and development prospects for the production of specialized products for athletes' nutrition // *Nutrition Issues*. 2017. Vol. 86, Issue 2. P. 23-31. [In Russ.]
11. Coleman, E. *Nutrition for Endurance*. Murmansk: Tuloma, 2005. 192 p. [In Russ.]
12. McGregor, R. *Sports nutrition: what to eat before, during, and after training*. Moscow: Alpina Publisher, 2016. 304 p. [In Russ.]
13. WHO (31.08.2018). *Healthy nutrition* [Electronic resource]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet>. [In Russ.]
14. Roslyakov, Yu.F., Vershinina, O.L., Gonchar, V.V. Promising research of functional bakery products // *News of Universities. Food Technology*. 2010. Issue 1. P. 123-124. [In Russ.]
15. Review of the development of flour products for gluten-free and gluten-free nutrition / I.M. Zharkova [et al.] // *Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2019. Vol. 81, Issue 1 (79). P. 213-217. [In Russ.]
16. Roslyakov, Yu.F., Vershinina, O.L., Gonchar, V.V. *New generation bakery, pasta, and confectionery products: a study guide*. 2nd rev. and add. Krasnodar: KubSTU, 2014. 188 p. [In Russ.]
17. Gonchar, V.V., Vershinina, O.L., Roslyakov, Yu.F. Use of Jerusalem artichoke tuber powder in bakery and flour confectionery technology // *Khleboprodukty*. 2013. Issue 10. P. 46–47. [In Russ.]
18. Hattie H.N. Wright The glycaemic index and sports nutrition // *South African Journal of Clinical Nutrition*. 2005. Vol. 18 (3). pp. 22–228. <https://doi.org/10.1080/16070658.2005.11734071>.
19. Pokhlebkin, V.V. *Pancakes (Russian cuisine). National cuisines of our peoples*. Moscow: Light and food industry, 1983. 304 p. [In Russ.]
20. Pokhlebkin, V.V. *Pancakes*. Culinary Dictionary. Moscow: E, 2015. 456 p. [In Russ.]
21. Kovalev, N.I. *Pancakes, Blinchiki, Olad'i. Dishes of the Russian Table* / N.I. Kovalev. St. Petersburg: Lenizdat, 1995. 317 p. [In Russ.]
22. Lutovinova, I.S. *Pancake. A Word about Russian Food*. St. Petersburg: Avalon, 2005. 288 p. [In Russ.]
23. Sokolsky, I. They had russian pancakes at Maslenitsa // *Science and Life*. 2014. Issue 2. P. 108-113.

24. Dyakonov, V.P. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Basics of Application. 2nd ed., revised and supplemented (professional library). Moscow: SOLON-Press, 2008. 800 p. [In Russ.]
25. A glycaemic index compendium of non-Western foods / J.H. Christiani [et al.] // Nutrition & Diabetes. 2021. Vol. 11, No. 2. P. 1021-1023. <https://doi.org/10.1038/s41387-020-00145-w>.
26. American Diabetes Association. Glycemic Targets: Standards of Medical Care in Diabetes – 2021 // Diabetes Care. 2021. Vol. 44, No. 1. P. S73-S84. <https://doi.org/10.2337/dc21-S006>.
27. Accu-Chek® Active. Internet information. – 2024 [Electronic resource]. URL: <https://www.accu-chekcac.com/en/meter-systems/active>.
28. Andlauer W., Furst P. Antioxidative power of phytochemicals with special reference to cereals // Cereal Foods World. 1998. Vol. 43, No. 5. P. 356-360.
29. Brennan C.S., Cleary L.J. The potential use of cereal (1→3,1→4)-β-d-glucans as functional food ingredients // Journal of Cereal Science. 2005. Vol. 42, No. 1, pp. 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2005.01.002>.
30. Effect of rye bread breakfasts on subjective hunger and satiety: a randomized controlled trial / H. Isaksson [et al.] // Journal of Nutrition. 2009. Vol. 26, pp. 8–39. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-8-39>.
31. Gavrilova, O. M. Freshness preservation of bread made from a mixture of wheat and buckwheat flour / O. M. Gavrilova [et al.] // Bread Baking of Russia. 2008. Issue 3. P. 18–20. [In Russ.]
32. Gavrilova, O.M., Matveeva, I.V., Vakulenchik, P.I. Bread production using buckwheat flour // Bread Baking of Russia. 2007. Issue 3. P. 14-16. [In Russ.]
33. Beneficial phytochemicals in potato – a review / R. Ezekiel [et al.] // Food Research International. 2013. Vol. 50. Issue 2. P. 487-496. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2011.04.025>.
34. Sharma A., Yadav B.S. Resistant Starch: Physiological Roles and Food Applications // Food Reviews International. Ritika. 2008. Vol. 24, No. 2. pp. 193-234. <https://doi.org/10.1080/87559120801926237>.
35. Effect of freeze-thaw treatment and pullulanase debranching on the structural properties and digestibility of starch-glycerol-monostearin complexes of lotus seeds / Dongkun Tu [et al.] // International Journal of Biological Macromolecules. 2021. Vol. 177. P. 447-454. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.168>.
36. Litvyak V.V. Starch and starch products: a monograph / V.V. Litvyak [et al.]. Krasnodar: KubSTU, 2013. 204 p. [In Russ.]
37. Atlas: hierarchical structure of protein substances / V.V. Litvyak [et al.]. M.: FLINTA, 2023. 297 p. ISBN 978-5-9765-5238-8. [In Russ.]
38. Bread: technologies and recipes of the peoples of the world: a monograph / Yu.F. Roslyakov [et al.]. Krasnodar: KubSTU, 2022. 375 p. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Шилов Валерий Викентьевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологической медицины и радиобиологии, «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета; 220070, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Долгобродская, д. 23/1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2716-4182>, e-mail: valery.shilov@gmail.com

Литвяк Владимир Владимирович, доктор технических наук, кандидат химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ВНИИ крахмала и переработки крахмалсодержащего сырья – филиал ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»; 140051, Российская Федерация, пос. Красково, Люберецкий р-н, Московская обл., ул. Некрасова, д. 11, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1456-9586>, e-mail: besserk1974@mail.ru

Журня Анна Александровна, кандидат технических наук, начальник отдела питания, Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; 220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, д. 29, e-mail: nurka8899@mail.ru

Росляков Юрий Федорович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры пищевой инженерии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, д. 2, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1431-4804>, e-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Окулова Татьяна Витальевна, научный сотрудник отдела питания, Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»; 220037, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Козлова, 29, e-mail: okulowa147@mail.ru

Valery V. Shilov, PhD (Biol.), Associate Professor, the Department of Environmental Medicine and Radiobiology, A.D. Sakharov International State Ecological Institute, the Belarusian State University; 220070, the Republic of Belarus, Minsk, 23/1 Dolgobrodskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2716-4182>, e-mail: valery.shilov@gmail.com

Vladimir V. Litvyak, Dr Sci. (Eng.), PhD (Chem.), Associate Professor, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials named after A.G. Lorkh; 140051, the Russian Federation, village Kraskovo, the Lyubertsy district, the Moscow region, 11 Nekrasov str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1456-9586>, e-mail: besserk1974@mail.ru, vniik@arrisp.ru

Anna A. Zhurnya, PhD (Eng.), Head of the Nutrition Department Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus; 220037, the Republic of Belarus, Minsk, 29 Kozlov St., e-mail: nurka8899@mail.ru

Yuri F. Roslyakov, Dr Sci. (Eng.), Professor, the Department of Food Engineering, Kuban State Technological University; 350072, the Russian Federation, Krasnodar, 2 Moskovskaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1431-4804>, e-mail: lizaveta_ros@mail.ru

Tatiana V. Okulova, Researcher, the Nutrition Department, Scientific and Practical Center for Food of the National Academy of Sciences of Belarus; 220037, the Republic of Belarus, Minsk 29 Kozlov St., e-mail: okulowa147@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в написании настоящей статьи.

Шилов Валерий Викентьевич – предложил тему исследования, осуществлял подбор методов исследования, контролировал проведение эксперимента и редактировал статью.

Литвяк Владимир Владимирович – проводил литературный поиск, редактировал и оформлял окончательный вариант статьи.

Журня Анна Александровна – проводила эксперимент, проводила статистическую обработку полученных данных, осуществляла первичное написание статьи.

Росляков Юрий Федорович – редактировал окончательный вариант статьи.

Окулова Татьяна Витальевна – участвовала в проведении эксперимента.

Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Claimed contribution of the authors

All authors of the research were directly involved in writing the article.

Valery V. Shilov – the research topic, selection of the research methods, supervising the experiment, and editing the article.

Vladimir V. Litvyak – the literature search, edition, and formating the final version of the article.

Anna A. Zhurnya – conducting the experiment, processing the obtained data, and writing the article.

Yury F. Roslyakov – editing the final version of the article.

Tatyana V. Okulova – participating in the experiment.

All authors of the article have reviewed and approved the submitted final version.

Поступила в редакцию 08.09.2025

Поступила после рецензирования 12.10.2025

Принята к публикации 14.10.2025

Received 08.09.2025

Revised 12.10.2025

Accepted 14.10.2025



Чистая продуктивность фотосинтеза посевов сои и динамика её формирования в зависимости от применения гербицидов и удобрений

М.А. Магомадов¹, М.Ш. Гаплаев¹, А.Х. Козырев✉²

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,
г. Грозный, Российская Федерация

² Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук»;
с. Михайловское, Российская Федерация
✉ironlag@mail.ru

Аннотация. Введение. Научный и практический интерес к сое связан с её уникальными питательными свойствами, что обеспечивает ей широкое распространение в пищевой, кормовой и промышленной сферах. Актуальным направлением исследований выступает разработка новых подходов к системе защиты посевов высокоурожайных сортов от сорных растений. **Цель исследований** заключалась в выявлении влияния минерального фона и различных гербицидов на уровень чистой продуктивности фотосинтеза посевов сои и динамики её формирования. **Методы.** Экспериментальная работа велась в 2022...2024 гг. на территории Чеченского НИИСХ, расположенного в условиях лесостепной зоны Центрального Предкавказья. Почвы представлены выщелоченным чернозёмом средней мощности: содержание гумуса 3,9%; доступного фосфора 18...21 мг/кг, обменного калия 120...150 мг/кг, реакция почвенного раствора pH – 6,9. Объектами исследований являлись перспективные сорта сои Амадеус, СГ СР Пикор, Смуглянка, а также гербициды Гамбит, Гермес, Бамбу. **Результаты.** Установлено, что наибольшие показатели чистой продукции фотосинтеза отмечались в начальные сроки вегетации растений, при этом их максимум обычно приходился на период бутонизации и начало цветения. По мере перехода к фазе цветения и дальнейшему развитию, когда происходило активное формирование фотосинтезирующих органов, наблюдалось постепенное уменьшение этого показателя. На завершающем этапе вегетационного цикла фиксировалось значительное и резкое снижение эффективности фотосинтеза. При внесении минерального фона ($P_{90} K_{60}$) чистая продуктивность фотосинтеза увеличивалась во все сроки определений. Так, по неудобренному фону (вариант Гамбит-3,2 + Гермес-0,9, сорт СГ СР Пикор) она составила 2,80 г/м²×сутки, а по фону $P_{90} K_{60}$ – 3,18 г/м²×сутки. **Заключение.** Гербициды способствовали повышению чистой продуктивности фотосинтеза. Высокие показатели ЧПФ отмечались в начале вегетационного периода, а максимальное значение было характерно для фазы – бутонизация-начало цветения. При внесении минерального фона ($P_{90} K_{60}$) ЧПФ увеличивалась во все сроки определений.

Ключевые слова: соя, сорта, агроценоз, засоренность посевов, гербициды, минеральный фон, чернозем выщелоченный, фаза развития, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, урожай семян

Для цитирования: Магомадов М.А., Гаплаев М.Ш., Козырев А.Х. Чистая продуктивность фотосинтеза посевов сои и динамика её формирования в зависимости от применения гербицидов и удобрений. Новые технологии / New technologies. 2025; 21(4): 145-155. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-145-155>

Net soybean crops photosynthesis productivity and its dynamics depending on the application of herbicides and fertilizers

M.A. Magomadov¹, M.Sh. Gaplaev¹, A.Kh. Kozyrev✉²

¹*Chechen Research Institute of Agriculture, Grozny, the Russian Federation*

²*The North Caucasus Research Institute of Mountain and Foothill Agriculture –
Branch of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;
Mikhailovskoye, the Russian Federation
✉ironlag@mail.ru*

Abstract. Introduction. Scientific and practical interest in soybeans is associated with their unique nutritional properties, which ensures their widespread use in the food, feed, and industrial sectors. A relevant research area is the development of new approaches to the protection of high-yielding varieties from weeds. **The goal of the research** was to identify the influence of mineral background and various herbicides on the level of net photosynthetic productivity of soybean crops and the dynamics of its formation. **The methods.** The experimental work was carried out in 2022–2024 on the territory of the Chechen Research Institute of Agriculture, located in the forest-steppe zone of the Central Ciscaucasia. The soils were represented by leached chernozem of medium thickness: humus content was 3.9%; available phosphorus was 18–21 mg/kg, exchangeable potassium was 120–150 mg/kg, the reaction of the soil solution was pH 6.9. The research subjects were the promising *Amadeus*, *SG SR Pikor*, and *Smuglyanka* soybean varieties as well as the herbicides Gambit, Hermes, and Bambu. **The results.** It was found that the highest net photosynthetic productivity was observed early in the growing season, typically peaking during budding and early flowering. As the plants transitioned to flowering and further development, when photosynthetic organs were actively forming, a gradual decrease in this indicator was observed. A significant and dramatic decrease in photosynthetic efficiency was recorded at the final stage of the growing season. With the addition of a mineral supplement (P₉₀ K₆₀), net photosynthetic productivity increased at all measurement periods. Thus, under an unfertilized background (variant Gambit-3.2 + Hermes-0.9, SG SR Pikor variety), it was 2.80 g/m² x day, and under a P₉₀ K₆₀ background, it was 3.18 g/m² x day. **Conclusion.** Herbicides contributed to an increase in net photosynthetic productivity. High NPP values were observed at the beginning of the growing season, and the maximum value was characteristic of the budding-inception of flowering phase. With the addition of a mineral background (P₉₀ K₆₀), NPP increased at all measurement times.

Keywords: soybeans, varieties, agrocenosis, crop infestation, herbicides, mineral background, leached chernozem, development phase, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, seed yield

For citation: Magomadov M.A., Gaplaev M.Sh., Kozyrev A.Kh. Net soybean crops photosynthesis productivity and its dynamics depending on the application of herbicides and fertilizers. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 145-155. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-145-155>

Введение. Научный и практический интерес к сое связан с её уникальными питательными свойствами, что обеспечивает ей широкое распространение в пищевой, кормовой и промышленной сферах [1, 2, 3]. Кроме того, культура обладает существенным агротехническим значением [4, 5]. Для повышения эффективности возделывания сои большое значение приобретает выбор сортов, способных максимально реализовать потенциал природно-климатических условий конкретного региона [6, 7].

Рост урожайности сои напрямую связан с подбором сортов, способных максимально использовать ресурсы климата и почвы конкретного региона. В районах наших исследований отмечается недостаток современных, высокопродуктивных сортов, что ограничивает возможности получения стабильных урожаев. Повышение эффективности возделывания возможно только при оптимальном сочетании сорта и технологий, что позволяет реализовать генетический потенциал культуры и до-

биться высокого качества продукции при экономически оправданных затратах [8, 9].

Серьёзной проблемой остаётся высокая засорённость посевов, вызывающая значительные потери урожая и снижение качества продукции. Достижение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур возможно при научно обоснованном применении гербицидов как эффективного средства борьбы с сорняками [10]. В современных условиях развития сельского хозяйства химический метод борьбы с сорными растениями практически не имеет альтернатив благодаря своей эффективности, быстрому действию и относительно низкой стоимости. Химическая прополка должна рассматриваться как необходимый элемент системы подавления сорняков в земледелии и севооборотах.

В современных условиях становится необходимостью совершенствование агротехнологий выращивания сои с учётом последних научных достижений и практического опыта, адаптированных под особенности каждого агроклиматического района [11, 12]. Актуальным направлением исследований выступает разработка новых подходов к системе защиты посевов высокоурожайных сортов от сорных растений, при этом особое внимание уделяется экологическим требованиям.

Эффективность роста и развития посевов напрямую связана с фотосинтетической активностью растений. На её уровень влияют различные условия: как качество освещения, так и обеспеченность растений макро- и микроэлементами [13]. Результаты многочисленных научных исследований свидетельствуют о том, что увеличение листовой поверхности способствует росту урожайности лишь до определённого уровня: после достижения оптимального значения дальнейшее расширение этой площади не приводит к дополнительному приросту урожая. Следовательно, наивысших показателей по количеству и качеству продукции удаётся до-

биться только при оптимальном развитии листовой поверхности [14].

С целью повышения урожайности с помощью агротехнических мероприятий необходимо создавать условия, способствующие быстрому формированию и расширению листового аппарата растений [15]. Важным аспектом является также поддержание высокой эффективности фотосинтетических процессов и обеспечение пролонгированной активности листьев на протяжении всего вегетационного периода.

Кроме того, требуется рационально направлять продукты фотосинтеза: на начальных этапах – преимущественно на формирование листьев, побегов и корневой системы, а по мере развития растений – на образование хозяйственно значимых органов и увеличение их массы. Такой подход позволяет наиболее полно реализовать потенциал культурных растений и получать высокие урожаи с оптимальными качественными характеристиками [16, 17].

Таким образом, выбор и применение агротехнических методов должны основываться на детальном научном анализе, учитывающем специфику каждого конкретного агроценоза и природные условия его возделывания. Это подчеркивает необходимость проведения дальнейших комплексных исследований, направленных на повышение эффективности и устойчивости производства.

Цель исследований заключалась в выявлении влияния минерального фона и различных гербицидов на уровень засорённости посевов сои, процессы роста и развития растений, количественные и качественные показатели урожая перспективных сортов в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики. В данной статье приводятся результаты решения одной из задач исследований – определение чистой продуктивности фотосинтеза посевов сои и динамики её формирования в зависимости от применения гербицидов и удобрений.

Методика. Экспериментальные исследования проведены в лесостепной зоне Цен-

трального Предкавказья, которая характеризуется умеренно влажным климатом, коэффициентом увлажнения 0,33...0,60, среднегодовым количеством осадков 600...800 мм. Зимы, как правило, без суровых морозов, летние месяцы сопровождаются умеренно высокой температурой. С апреля по октябрь фиксируется около 60...70 суток засушливых периодов и суховеев. Начало активной вегетации растений приходится на вторую половину апреля.

Погода в годы исследований позволила выявить потенциальные возможности перспективных сортов сои. Вегетационный период 2022 года отличался высокой среднесуточной температурой воздуха +22,3°C, что на 1,5°C выше среднемноголетних значений и характерной для зоны недостаточной влагообеспеченностью со сравнительно равномерным распределением осадков (56,4 мм в месяц); среднемноголетние значения – 20,8°C и 55,6 мм осадков. Тёплая погода стимулировала интенсивный рост надземной части сои, что обеспечило получение высоких показателей площади листьев. Вегетационные периоды 2023 и 2024 годов отличались меньшей среднесуточной температурой воздуха +21,1...21,3°C и большим количеством выпавших осадков (+23 и +45 мм к среднемноголетним значениям). Ливневый характер осадков в мае-июне (193-197 мм) не оказал существенного влияния на посевы сои, так как культура не требовательна к ним в начале вегетации. Однако дефицит влаги во второй половине лета проявился в снижении отдельных показателей продуктивности растений. Вышеперечисленные особенности погоды, особенно 2023 и 2024 годов, вызывавшие стресс у посевов, позволили отобрать наиболее адаптивные сорта.

Почвенный покров опытного участка представлен чернозёмом, выщелоченным средней мощности, подстилаемым галечником, с преобладанием тяжелосуглинистого механического состава. Значение кислотности почвы в солевой вытяжке (рН_{сол}) – 6,9 – близкая к нейтральной. Поглощительная способность почвы составляет 22,1...23,6

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

мг-экв./100 г. Содержание гумуса в пахотном слое опытного участка – 3,9 %. Обеспеченность доступными формами питательных элементов – средняя по азоту (118...122 мг/кг) и фосфору (76...80 мг/кг), выше среднего – по калию (88...91 мг/кг).

Исследования проводили в течение ряда лет (2022...2024 гг.) на базе Чеченского научно-исследовательского института сельского хозяйства, что обеспечивало комплексность и системность в оценке признаков и потенциала новых сортов. В ходе исследований применялись классические методы организации опытов, ведения фенологических наблюдений и статистической обработки получаемой информации.

Объектами исследований являлись агроценозы перспективных сортов сои Амадеус, СГ СР Пикор, Смуглянка, а также гербициды Гамбит СК, Гермес МД, Бамбу КЭ.

Предмет исследований – ассимиляционная поверхность посевов сои и закономерности её формирования на фоне применения гербицидов и минеральных удобрений в условиях лесостепи Чеченской Республики.

В полевом опыте изучались различные нормы фосфорных и калийных удобрений. На обсуждение в данной статье представлены варианты обработки гербицидами без использования удобрений и на минеральном фоне P₉₀ K₆₀. Нормы внесения питательных элементов обоснованы доведением содержания их подвижных форм в почве до повышенного уровня, оптимального для симбиотической активности бобовых агроценозов.

20 кг/га фосфора вносили непосредственно при посеве, остальную часть фосфорных удобрений и всю норму калийных удобрений – под зяблевую вспашку. Фосфорные удобрения вносили в форме простого суперфосфата (20%), калийные удобрения – в форме сульфата калия (50%). Нормы фосфорных удобрений в физическом весе составили 150, 300, 450 и 600 кг/га, калийных – 120 кг/га.

Гербициды применяли по схемам, включающим дождевое опрыскивание почвы препаратами Гамбит СК и Бамбу КЭ

на 2-3 день после посева и послевсходовым применением препарата Гермес МД в фазу третьего тройчатосложного листа растений сои. Нормы расхода гербицидов варьировали от 0,7 до 3,2 л/га.

Схема опытов и её обоснование.

1. *Контроль* – без гербицидов.

2. *Гамбит-2,5 + Гермес-0,9* – изучение эффективности опрыскивания почвы до появления всходов сои препаратом Гамбит с нормой расхода 2,5 л/га и послевсходового применения препарата Гермес с нормой расхода 0,9 л/га (далее по тексту «Гамбит-2,5 + Гермес»).

3. *Гамбит-3,2 + Гермес-0,9* – применение препарата Гамбит (3,2 л/га) и препарата Гермес (0,9 л/га) (далее по тексту «Гамбит-3,2 + Гермес»).

4. *Бамбу-0,7 + Гермес-0,9* – применение препарата Бамбу (0,7 л/га) и препарата Гермес (0,9 л/га) (далее по тексту «Бамбу-0,7 + Гермес»).

5. *Бамбу-1,0 + Гермес-0,9* – применение препарата Бамбу (1,0 л/га) и препарата Гермес (0,9 л/га) (далее по тексту «Бамбу-1,0 + Гермес»).

Полевые опыты закладывались по схеме двухфакторного опыта (фактор А – сорта, фактор В – гербициды): четырехкратная повторность, размещение делянок рендомизированное, общая площадь делянки 72 м², учетная площадь 49 м². Посев проводили широкорядным способом (45 см) селекционной сеялкой Plot / Row Motion. Нормы высева всех сортов составили 500 тыс. семян на гектар (75...81 кг/га).

Полевой опыт 1 был заложен без применения удобрений, полевой опыт 2 – на минеральном фоне Р₉₀ К₆₀.

Для решения поставленных задач в течение вегетационного периода в основные фазы роста и развития растений сои определяли площадь листовой поверхности методом высечек.

Статистическая обработка полученных результатов проведена методом дисперсионного анализа с использованием программного пакета Microsoft Office 2010.

Результаты.

Для всесторонней оценки работы фотосинтетического аппарата растений применяется такой критерий, как чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). Этот показатель отражает количество сухого вещества, образующегося на каждом квадратном метре листовой поверхности в течение определённого срока вегетации.

В ходе наших исследований было выявлено, что гербициды способствуют увеличению ЧПФ (табл. 1). Например, в 2024 году (средний показатель за вегетацию, сорт Амадеус, фон без удобрений) для варианта Гамбит-3,2 + Гермес-0,9 получено значение 2,64 г/м²сутки. Для вариантов Бамбу-1,0 + Гермес-0,9 и Гамбит-2,5 + Гермес-0,9 эти значения составили 2,50 и 2,38 г/м²сутки соответственно. Худшим вариантом оказалось внесение Бамбу-0,7 + Гермес-0,9 – 2,27 г/м²×сутки. Контрольный вариант показал ЧПФ равную 1,89 г/м²сутки.

В ходе проведённых исследований было выявлено, что наибольшие показатели чистой продукции фотосинтеза отмечались в начальные сроки вегетации растений, при этом их максимум обычно приходился на период бутонизации-начала цветения. По мере перехода к фазе цветения и дальнейшему развитию, когда происходило активное формирование фотосинтезирующих органов, наблюдалось постепенное уменьшение этого показателя. На завершающем этапе вегетационного цикла фиксировалось значительное и резкое снижение эффективности фотосинтеза.

Доказано, что при внесении минерального фона (Р₉₀ К₆₀) чистая продуктивность фотосинтеза увеличивалась во все сроки определений (табл. 2). Так, по неудобренному фону в 2024 г. (вариант Гамбит-3,2 + Гермес-0,9, сорт СГ СР Пикор) она составила 2,80 г/м²×сутки, а по фону Р₉₀ К₆₀ – 3,18 г/м²×сутки. Аналогичные показатели 2022 и 2023 гг. были равны: 2,43 и 2,82 г/м²×сутки; 2,59 и 3,02 г/м²×сутки.

Результаты опытов также продемонстрировали, что отдельные сорта растений Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

характеризуются оптимальной оптико-биологической организацией посевов. Благодаря этому обеспечивается равномерное освещение поверхности листьев во всех ярусах даже в периоды максимальной листовой массы. Такая структура агроценоза способствует рациональному использованию солнечной энергии, что положительно сказывается на интенсивности фотосинтетических процессов и их продуктивности. Следствием этого является более эффективное обеспечение плодоносящих узлов растения ассимиляционными продуктами, что, в свою очередь, уменьшает опадение цветков и других генеративных элементов.

Результаты опытов также продемонстрировали, что отдельные сорта растений характеризуются оптимальной оптико-биологической организацией посевов. Благодаря этому обеспечивается равномерное освещение поверхности листьев во всех ярусах даже в периоды максимальной листовой массы. Такая структура агроценоза способствует рациональному использованию солнечной энергии, что положительно сказывается на интенсивности фотосинтетических процессов и их продуктивности. Следствием этого является более эффективное обеспечение плодоносящих узлов растения ассимиляционными продуктами,

что, в свою очередь, уменьшает опадение цветков и других генеративных элементов.

При воздействии высоких температур и интенсивной инсоляции наблюдается значительный рост числа опадающих цветков у растений. Аналогичный эффект вызывает и длительное затенение, возникающее из-за перекрытия листьев друг другом или соседними растениями. Особенно заметно опадение цветков в верхних частях главного побега и на концах ветвей, тогда как в центральных зонах растения этот процесс выражен слабее.

Существенную роль в формировании урожая играет обеспеченность растения элементами питания. Недостаток азота, калия и углеводов приводит к тому, что до 47% завязавшихся плодов сои преждевременно сбрасываются. Было установлено, что сорта, обладающие высоким уровнем фотосинтетической активности, характеризуются лучшей сохранностью плодов.

Даже при одинаковой площади листовой поверхности урожайность посевов может значительно различаться, и это обусловлено особенностями архитектоники растений. Снижение уровня освещённости вызывает перестройки в морфологии, затрагивающие основные компоненты продуктивности и конечный сбор семян.

Таблица 1. Чистая продуктивность фотосинтеза в посевах сои в зависимости от применяемых гербицидов в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики (фон – без удобрений) (сред. за 2022...2024 гг.), г/м²×сутки

Table 1. Net productivity of photosynthesis in soybean crops depending on the herbicides used in the forest-steppe zone of the Chechen Republic (background - without fertilizers) (average for 2022...2024), g/m²×day

Сорт	Вариант	ЧПФ по периодам роста и развития растений сои						Средний ЧПФ за вегетацию
		ЧФП-1	ЧФП-2	ЧФП-3	ЧФП-4	ЧФП-5	ЧФП-6	
Амадеус	1. Контроль (без гербицидов)	2,33	2,51	2,83	1,95	1,54	0,21	1,89
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	2,64	2,81	3,38	2,69	2,24	0,56	2,38
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	2,86	3,09	3,90	2,79	2,56	0,64	2,64
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	2,51	2,74	3,26	2,49	2,16	0,49	2,27
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	2,71	2,98	3,56	2,74	2,46	0,58	2,50
СГ СР Пикор	1. Контроль (без гербицидов)	2,40	2,65	2,91	2,09	1,65	0,24	1,99
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	2,76	2,98	3,46	2,90	2,40	0,61	2,51
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	2,98	3,18	3,99	3,16	2,78	0,71	2,80
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	2,58	2,86	3,42	2,71	2,24	0,58	2,39
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	2,83	3,06	3,68	2,81	2,52	0,64	2,59
Смуглянка	1. Контроль (без гербицидов)	2,49	2,74	2,99	2,19	1,84	0,31	2,09
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	2,90	3,06	3,59	3,16	2,49	0,64	2,64
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	3,04	3,29	4,13	3,86	2,84	0,91	3,01
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	2,72	3,01	3,54	2,88	2,36	0,60	2,51
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	3,04	3,18	3,76	2,98	2,64	0,71	2,71

Таблица 2. Чистая продуктивность фотосинтеза в посевах сои в зависимости от применяемых гербицидов в условиях лесостепной зоны Чеченской Республики (фон – Р₉₀ К₆₀) (сред. за 2022...2024 гг.), г/м²×сутки

Table 2. Net productivity of photosynthesis in soybean crops depending on the herbicides used in the forest-steppe zone of the Chechen Republic (background - Р₉₀ К₆₀) (average for 2022...2024), g/m²×day

Сорт	Вариант	ЧПФ по периодам рост и развития растений сои						Средний ЧПФ за вегетацию
		ЧФП-1	ЧФП-2	ЧФП-3	ЧФП-4	ЧФП-5	ЧФП-6	
Амадеус	1. Контроль (без гербицидов)	2,56	2,69	2,95	1,87	1,51	0,24	1,94
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	2,99	3,17	3,63	3,19	2,53	0,68	2,69
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	3,40	3,46	3,99	4,13	2,91	0,99	3,14
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	3,76	2,99	3,68	2,98	2,40	0,63	2,74
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	3,19	3,27	3,79	2,99	2,69	0,74	2,77
СГ СР Пикор	1. Контроль (без гербицидов)	2,83	2,91	3,09	1,96	1,68	0,34	2,13
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	3,24	3,28	3,83	2,98	2,69	0,74	2,79
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	3,74	3,83	4,11	3,38	2,99	1,04	3,18
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	3,71	3,09	3,48	2,98	2,68	0,68	2,77
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	3,40	3,36	3,98	3,17	2,73	0,80	2,90
Смуглянка	1. Контроль (без гербицидов)	2,96	3,08	3,22	2,40	1,74	0,40	2,30
	2. Гамбит-2,5 + Гермес-0,9	3,38	3,40	4,01	3,13	2,74	0,83	2,91
	3. Гамбит-3,2 + Гермес-0,9	3,92	4,16	4,20	3,49	3,08	1,17	3,33
	4. Бамбу-0,7 + Гермес-0,9	3,83	3,27	3,56	3,04	2,69	0,71	2,85
	5. Бамбу-1,0 + Гермес-0,9	3,53	3,48	4,06	3,42	3,01	0,89	3,06

Экспериментальные данные свидетельствуют о наличии тесной связи между чистой продуктивностью фотосинтеза и урожаем семян сои. В частности, сорта, отличающиеся высокой фотосинтетической активностью, проявляют себя как более продуктивные в отношении семян, имеют компактную форму и листья, преимущественно ориентированные вертикально.

Установлено, что наименьшие значения ЧПФ были отмечены в 2022 г. Для сорта Амадеус (фон – без удобрений) среднее значение ЧПФ за вегетационный период варьировало в пределах 1,64...2,29 г/м²сутки. Аналогичные показатели сортов СГ СР Пикор и Смуглянка были равны: 1,67...2,43 г/м²×сутки и 1,76...2,52 г/м²×сутки. По удобренному фону Р₉₀ К₆₀ они составили: 1,85...2,70 г/м²×сутки, 1,94...2,82 г/м²×сутки, 2,01...2,93 г/м²×сутки. Максимальные значения ЧПФ по всем изучаемым сортам и фонам удобрений были отмечены в 2024 г., минимальные – в 2022 г. Значения 2023 г. занимали промежуточное положение.

Резкое понижение температур воздуха и почвы оказывает крайне негативное воздействие на вегетирующие посевы сои. В подобных условиях у растений наблюдается замедление процессов созревания бобов, а также массовое отмирание листьев в верхней

части. Для поддержания активного роста листового аппарата и эффективного фотосинтеза важно учитывать особенности завершения вегетационного периода: в этот период особенно важно обеспечить условия, способствующие максимальному использованию накопленных в листьях органических соединений и их последующему перераспределению в формирующиеся семена.

Полученные данные свидетельствуют о том, что результативность фотосинтетических процессов определяется не только особенностями погодных условий, но и зависит от структуры посевов и общего состояния растений – в частности, от величины листовой поверхности и развития куста. Кроме того, сочетание недостаточного увлажнения с высокими температурами почвы и воздуха приводит к существенному снижению урожайности культуры.

Заключение.

Гербициды способствовали повышению чистой продуктивности фотосинтеза. Высокие показатели ЧПФ отмечались в начале вегетационного периода, а максимальное значение было характерно для фазы – бутонизация-начало цветения. При внесении минерального фона (Р₉₀ К₆₀) ЧПФ увеличилась во все сроки определений. Так, по неудобренному фону в 2024 г. (вариант

Гамбит, СК 3,2; Гермес, МД 0,9; сорт СГ СР Пикор) она составила 2,80 г/м²×сутки, а по фону Р₉₀ К₆₀ – 3,18 г/м²×сутки. Аналогичные показатели 2022 и 2023 гг. были равны: 2,43 и 2,82 г/м²×сутки; 2,59 и 3,02 г/м²×сутки.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладышева О.В., Свирина В.А., Черногаев В.Г. Влияние биопрепаратов на продуктивность и качество сои в Нечерноземье // Плодородие. 2024. № 4 (139). С. 74-78. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.17>.
2. Юлдыбаев И.Р., Давлетов Ф.А., Гайнуллина К.П. Сравнительная оценка урожайности зерна и зеленой массы зернобобовых культур в условиях Южной лесостепи Республики Башкортостан // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 2. С. 13-20. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-91-2-13-20>.
3. Degradation and restoration of mountain pastures / S. Bekuzarova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Moscow, 2020. P. 012046. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012046.
4. Обогащение каштановых почв органическим веществом при возделывании бобовых трав и амаранта / А.А. Сабанова [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-1. С. 12-19. doi: 10.54258/20701047_2022_59_1_12.
5. Симбиотическая активность в посевах и продуктивность сои в зависимости от обработки семян биопрепаратами на черноземе обыкновенном / О.Г. Шабалда [и др.] // Земледелие. 2023. № 8. С. 32-36. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-8-32-36>.
6. Потенциал зернобобовых культур как высокобелкового компонента в кормопроизводстве / И.А. Сазонова [и др.] // Аграрный научный журнал. 2024. № 8. С. 103-107. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i8pp103-107>.
7. Bekuzarova S.A. Current method in the selection of legume grasses // IV International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies - AGRITECH-IV – 2020 (November 18-20, 2020). Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 677. P. 42003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042003>.
8. Агроэнергетическая оценка возделывания многолетних бобовых трав / Ш.М. Абасов [и др.] // Нива Поволжья. 2025. № 2 (74). doi 10.36461/NP.2025.74.2.004.
9. Муралев С.Г., Володина Е.Н., Белкин Я.Г. Влияние жидких комплексных минеральных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы, на структуру урожая и урожайность зернобобовых культур // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 5 (401). С. 553-556. https://doi.org/10.55186/25876740_2024_67_5_553.
10. Влияние элементов технологии на урожайность сои сорта Георгия в Рязанской области / М.Н. Захарова [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 5. С. 18-21. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/18-21>.
11. Тедеева В.В., Тедеева А.А. Урожайность посевов сои в зависимости от применения биопрепаратов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 110. С. 183-189. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-183-189>.
12. The role of biopreparations and their tank mixtures in increasing disease resistance and productivity of soybean / Farniev A.T. [et al.] // Volga Region Farmland. 2019. Vol. 4, No. 4. P. 58-62. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.4.4.012>.
13. Галиченко А.П., Фокина Е.М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 7 (222). С. 16-25. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25>.

14. Головина Е.В., Леухина О.В. Влияние некорневых подкормок на фотосинтетическую деятельность, симбиотическую активность и продуктивность новых сортов сои // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023. № 1 (45). С. 40-49. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-1-40-49>.

15. Воронов С.И., Зеленев А.В. Современные технологии адаптивно-ландшафтного земледелия в реализации генетического потенциала зерновых и зернобобовых культур // *Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2024. № 1(73). С. 21-31. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-02>.

16. Плиев М.А., Дарчиева Д.И. Новая парадигма интродукции бобовых трав в Северной Осетии // *Кормопроизводство*. 2007. № 8. С. 28-29. EDN IAUFVF.

17. Постников П.А., Цепилова М.В. Продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов с различным насыщением зерновыми и зернобобовыми культурами // *Пермский аграрный вестник*. 2024. № 1 (45). С. 33-40. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_45_33.

REFERENCES

1. Gladysheva, O.V., Svirina, V.A., Chernogaev, V.G. Influence of biopreparations on the productivity and quality of soybeans in the Non-Black Earth Region // *Plodorodie*. 2024. Issue 4 (139). P. 74-78. <https://doi.org/10.25680/S19948603.2024.139.17>. [In Russ.]

2. Yuldybaev, I.R., Davletov, F.A., Gainullina, K.P. Comparative assessment of the yield of grain and green mass of leguminous crops in the conditions of the Southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan // *Grain Economy of Russia*. 2024. Vol. 16. Issue 2. P. 13-20. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-91-2-13-20>. [In Russ.]

3. Degradation and restoration of mountain pastures / S. Bekuzarova [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Moscow, 2020. P. 012046. doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012046.

4. Enrichment of chestnut soils with organic matter during the cultivation of legumes and amaranth / A.A. Sabanova [et al.] // *Bulletin of the Gorsk State Agrarian University*. 2022. Vol. 59-1. P. 12-19. doi: 10.54258/20701047_2022_59_1_12. [In Russ.]

5. Symbiotic activity in crops and soybean productivity depending on seed treatment with biopreparations on ordinary chernozem / O.G. Shabalda [et al.] // *Agriculture*. 2023. Issue 8. P. 32-36. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2023-8-32-36>. [In Russ.]

6. Potential of leguminous crops as a high-protein component in forage production / I.A. Sazonova [et al.] // *Agrarian scientific journal*. 2024. Issue 8. P. 103-107. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i8pp103-107>. [In Russ.]

7. Bekuzarova S.A. Current method in the selection of legume grasses // *IV International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies - AGRITECH-IV – 2020 (November 18-20, 2020)*. Krasnoyarsk, Russian Federation: IOP Publishing Ltd, 2021. Vol. 677. P. 42003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/4/042003>.

8. Agroenergetic assessment of the cultivation of perennial legume grasses / Sh.M. Abasov [et al.] // *Niva Povolzhya*. 2025. Issue 2 (74). doi 10.36461/NP.2025.74.2.004. [In Russ.]

9. Muralev, S.G., Volodina, E.N., Belkin, Ya.G. Influence of liquid complex mineral fertilizers containing macro- and microelements on the yield structure and productivity of grain legumes // *International Agricultural Journal*. 2024. No. 5 (401). P. 553-556. https://doi.org/10.55186/25876740_2024_67_5_553. [In Russ.]

10. Influence of technological elements on the yield of Georgy soybean variety in the Ryazan region / M.N. Zakharova [et al.] // *Bulletin of Russian agricultural science*. 2023. Issue 5. P. 18-21. <https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/5/18-21>. [In Russ.]

11. Tedeeva, V.V., Tedeeva, A.A. Soybean crop yield depending on the use of biopreparations // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2024. Issue 110. P. 183-189. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-183-189>. [In Russ.]

12. The role of biopreparations and their tank mixtures in increasing disease resistance and productivity of soybean / Farniev A.T. [et al.] // *Volga Region Farmland*. 2019. Vol. 4, No. 4. pp. 58-62. <https://doi.org/10.26177/VRF.2020.4.4.012>.

13. Galichenko, A.P., Fokina, E.M. Influence of meteorological conditions on the formation of yield of soybean varieties bred by the All-Russian Soybean Research Institute // Agrarian Bulletin of the Urals. 2022. Issue 7 (222). P. 16-25. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25>. [In Russ.]

14. Golovina, E.V., Leukhina, O.V. Influence of foliar feeding on photosynthetic activity, symbiotic activity and productivity of new soybean varieties // Grain legumes and cereal crops. 2023. Issue 1 (45). P. 40-49. <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2023-1-40-49>. [In Russ.]

15. Voronov, S.I., Zelenev, A.V. Modern technologies of adaptive-landscape farming in realizing the genetic potential of grain and leguminous crops // News of the Lower Volga Agrouniversity Complex: Science and Higher Professional Education. 2024. Issue 1(73). P. 21-31. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-02>. [In Russ.]

16. Pliev, M.A., Darchieva, D.I. New paradigm of legume introduction in the North Ossetia // Forage production. 2007. Issue 8. P. 28-29. EDN IAUFVF. [In Russ.]

17. Postnikov, P.A., Tsepilova, M.V. Productivity and energy efficiency of crop rotations with different saturation with grain and leguminous crops // Perm Agrarian Bulletin. 2024. Issue 1 (45). P. 33-40. https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_45_33. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Магомадов Магомед Аптиеви́ч, младший научный сотрудник лаборатории овощеводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 366021, Российская Федерация, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, 1, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9434-3865>, e-mail: Magomed.magomadov_124@mail.ru

Гаплаев Магомед Шиблуевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории овощеводства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 366021, Российская Федерация, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6638-6397>, e-mail: gaplaev63@list.ru

Козырев Асланбек Хасанович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; 363110, Российская Федерация, РСО-Алания, Пригородный район, с. Михайловское, ул. Вильямса, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>, e-mail: ironlag@mail.ru

Magomed A. Magomadov, Junior Researcher, Vegetable Growing Laboratory, The Chechen Research Institute of Agriculture; 366021, the Russian Federation, the Chechen Republic, Grozny, 1 Lilovaya St., ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9434-3865>, e-mail: Magomed.magomadov_124@mail.ru

Magomed Sh. Gaplaev, Dr Sci. (Agr.), Chief Researcher of the Vegetable Growing Laboratory, the Chechen Research Institute of Agriculture; 366021, the Russian Federation, the Chechen Republic, Grozny, 1 Lilovaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6638-6397>, e-mail: gaplaev63@list.ru

Aslanbek Kh. Kozyrev, Dr Sci. (Agr.), Professor, Chief Researcher of the Department of Adaptive Landscape Agriculture, the North Caucasus Research Institute of Mountain and Foot-

hill Agriculture – a branch of Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 363110, the Russian Federation, RNO-Alania, the Prigorodny district, Mikhailovskoye village, 1 Williams str., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2790-7895>, e-mail: ironlag@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Магомадов Магомед Аптиеви́ч – проведение эксперимента, подбор литературных источников.

Гаплаев Магомед Шиблуевич – разработка методики исследования.

Козырев Асланбек Хасанович – оформление статьи по требованиям журнала, валидация данных.

Claimed contribution of the authors

Magomed A. Magomadov – conducting the experiment, literature review.

Magomed Sh. Gaplaev – research methodology development.

Aslanbek Kh. Kozyrev – article formatting according to the requirements of the Journal, data validation.

Поступила в редакцию 02.09.2025

Поступила после рецензирования 07.10.2025

Принята к публикации 08.10.2025

Received 02.09.2025

Revised 07.10.2025

Accepted 08.10.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-156-169>

УДК 633.15:632.51:631.582:631.517



Фотосинтетическая деятельность и эффективность использования солнечной энергии гибридами кукурузы в условиях Краснодарского края

А.А. Макаренко, С.В. Коковихин✉

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

Аннотация. Введение. Исследования эффективности использования солнечной радиации современными гибридами кукурузы в зависимости от действия агроприемов и особенностей погодных условий, складывающихся в отдельные годы, имеют важное научное и практическое значение. **Цель исследования.** Изучить влияние гибридного состава, средств химической защиты растений от сорняков, сроков посева и количества междурядных культиваций на показатели фотосинтетической деятельности растений кукурузы и эффективность использования инсоляции, тепловых и водных ресурсов при выращивании культуры в условиях Краснодарского края. **Объекты и методы исследования.** Закладка и анализ экспериментальных данных, расчёты фотосинтетических показателей были проведена по методике опытного дела в агрономии. **Результаты и обсуждение.** Гибрид ДКС 4590 при раннем сроке сева показал максимальную чистую продуктивность фотосинтеза (6,9 г/м²), а проведение культиваций снижало этот показатель. Максимальный коэффициент полезного действия ФАР 2,8% получен на варианте с гибридом ДКС 4590, применения гербицидов Титус Плюс и Элюмис при раннем сроке сева и проведении одной или двух междурядных культиваций. Посев в ранний срок гибрида кукурузы ДКС 4590 обеспечил наивысшую хозяйственную эффективность фотосинтеза – 0,48%, а применение культивации на неё практически не влияло. В целом установлено, что использование разных гербицидов для защиты растений от сорняков слабо влияло на продуктивность и потенциал фотосинтеза. Выявлена очень сильная математическая связь между урожайностью зерна и показателями КПД_{ФАР}, что позволяет использовать его в селекционной работе для создания высокопродуктивных гибридов и разработки сортовых агротехнологий. **Заключение.** Таким образом, гибрид кукурузы ДКС 4590 обеспечил максимально высокий коэффициент полезного действия ФАР (больше 3,0%) при урожайности больше 67 ц/га. У всех гибридов отмечен минимальный показатель эффективности использования инсоляции при минимальной урожайности зерна – 30-40 ц/га.

Ключевые слова: кукуруза, продуктивность растений, фотосинтез, гибрид, агроприемы, гербицид, срок сева, культивации, чистая продуктивность фотосинтеза, фотосинтетический потенциал посевов, коэффициент полезного действия ФАР, коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза

Для цитирования: Макаренко А.А., Коковихин С.В. Фотосинтетическая деятельность и эффективность использования солнечной энергии гибридами кукурузы в условиях Краснодарского края. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 156-169. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-156-169>

Photosynthetic activity and efficiency of solar energy utilization by corn hybrids in the Krasnodar Territory

A.A Makarenko, S.V. Kokovikhin✉

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

Abstract. Introduction. Investigations of the efficiency of solar energy utilization by modern corn hybrids, depending on agricultural practices and weather conditions in individual years, are of significant scientific and practical importance. **The goal of the research** was to study the influence of hybrid composition, chemical plant protection products against weeds, sowing time, and the number of inter-row cultivations on the photosynthetic activity of corn plants and the efficiency of insolation, heat, and water resources during crop cultivation in the Krasnodar Territory. **The objectives and methods.** Experimental data collection and analysis, as well as calculations of photosynthetic parameters, were conducted using experimental agronomy methods. **The results and discussion.** The DKC 4590 hybrid, sown early, demonstrated the highest net photosynthetic productivity (6.9 g/m^2), while cultivation reduced this indicator. The maximum PAR efficiency of 2.8% was obtained with the DKC 4590 hybrid, using Titus Plus and Elumis herbicides at early sowing and one or two inter-row cultivations. Early sowing of the DKC 4590 corn hybrid provided the highest photosynthetic efficiency of 0.48%, while cultivation had virtually no effect on it. Overall, it was established that the use of various herbicides for plant protection from weeds had little effect on productivity and photosynthetic potential. A very strong mathematical relationship was found between grain yield and the PAR efficiency indices, enabling its use in breeding to create highly productive hybrids and develop varietal agricultural technologies. **Conclusion.** Thus, the DKC 4590 corn hybrid demonstrated the highest PAR efficiency (over 3.0%) with a yield exceeding 67 c/ha. All hybrids demonstrated minimal solar efficiency with minimal grain yield – 30-40 c/ha.

Keywords: corn, plant productivity, photosynthesis, hybrid, agricultural practices, herbicide, sowing date, cultivation, net photosynthetic productivity, photosynthetic potential of crops, PAR efficiency, photosynthesis economic efficiency coefficient

For citation: Makarenko A.A., Kokovikhin S.V. Photosynthetic activity and efficiency of solar energy utilization by corn hybrids in the Krasnodar Territory. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 156-169. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-156-169>

Введение. Продуктивность сельскохозяйственных культур, в том числе и кукурузы, обуславливается элементами продукционного процесса, который позволяет растениям реализовать свой генетический и биологический потенциал в зависимости от составляющих элементов системы земледелия, дифференцированным влиянием почвенно-климатических условий, которые складываются и существенно отличаются в отдельные годы, интенсификации или биологизации применяемых технологий возделывания, хозяйственно-экономических и других факторов [1-5]. Значения отдельных факторов агротехнологического процесса по их влиянию на продуктивность куку-

рузы, а также других культур севооборотов определяется по отклонению фенологических и морфо-биологических показателей в различных вариантах опыта. Исследования отечественных ученых [6-9] показывают, что элементы технологического возделывания в разной степени влияют на продукционный процесс, что требует идентификации их действия и взаимодействия.

Глобальные климатические изменения, выражающиеся в потеплении, нестабильности осадков и росте числа аномальных погодных явлений, вынуждают аграриев пересматривать и предельно точно определять сроки сева кукурузы [10, 11]. Неправильный выбор времени посева чреват се-

рзными негативными последствиями. Так, слишком ранний сев, особенно на низких участках, при сочетании избыточной влаги и пониженных температур затрудняет прорастание семян, способствует распространению опасных заболеваний, таких как корневая гниль, и подвергает молодые растения угрозе заморозков [12, 13]. С другой стороны, отсрочка сева в условиях высоких температур приводит к иссушению почвы и падению всхожести. Стремительный рост температуры почвы и воздуха, в сочетании с нехваткой влаги, может вызвать стресс у растений, что негативно скажется на их развитии, урожайности и рентабельности производства зерна. Следовательно, научно обоснованный выбор сроков сева кукурузы является ключевым фактором для снижения рисков, обусловленных изменением климата [14,15].

Цель исследований. Изучить влияние гибридного состава, средств химической защиты растений от сорняков, сроков посева и количества междурядных культиваций на показатели фотосинтетической деятельности растений кукурузы и эффективность использования инсоляции, тепловых и водных ресурсов при выращивании культуры в условиях Краснодарского края.

Для достижения цели были поставлены такие задачи:

– изучить влияние гибридного состава, гербицидов, сроков сева и количества междурядных обработок на чистую продуктивность фотосинтеза и фотосинтетический потенциал посевов;

– определить эффективность использования солнечной энергии растениями кукурузы в зависимости от исследуемых факторов и рассчитать коэффициенты полезного действия ФАР и коэффициенты хозяйственной эффективности фотосинтеза;

– для каждого исследуемого гибрида создать модель эффективности использования солнечной энергии (КПД_{ФАР}) и урожайности зерна.

Методы исследований. Полевые исследования провели на территории учебно-Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

опытного хозяйства «Кубань» ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ в 2017-2019 гг. Схема опыта включала:

1) гибриды (фактор А): Ладожский 291, ДКС 4590; Феномен;

2) гербициды (фактор В): Люмакс (4,0 л/га, в фазу 1-3 листа у кукурузы), Элюмис (2,0 л/га, в фазу 4-5 листьев); Титус Плюс (0,38 л/га) с добавлением Тренд 90 (в фазу 4-5 листьев);

3) сроки сева (фактор С): ранний (при первой возможности проведения предпосевной культивации); средний (при температуре почвы 10°C, не ранее чем через 14 дней после раннего); поздний (не ранее, чем через 14 дней после среднего);

4) междурядная культивация (фактор D): без культивации; однократная культивация плоскорезными органами на глубину 3-5 см (в фазу 4-5 листьев); двукратная культивация на глубину 3-5 см (в фазы 4-5 и 6-7 листьев).

Для проведения расчётов использовали архивные данные погодных условий на территории учебно-опытного хозяйства «Кубань» КубГАУ [16]. Для установления прихода солнечной энергии и эвапотранспирации при выращивании гибридов кукурузы использовали компьютерную программу CropWat и методические подходы ФАО ООН [17].

Закладка полевых опытов, математическая обработка экспериментальных данных, установление показателей чистой продуктивности фотосинтеза, фотосинтетического потенциала посевов кукурузы, коэффициентов полезного действия фотосинтетически активной радиации (КПД_{ФАР}) и коэффициентов хозяйственной эффективности фотосинтеза (К_{хоз}) проводили по методике опытного дела в агрономии [18].

Предшественником кукурузы на зерно была озимая пшеница. Агротехника выращивания кукурузы в полевых опытах была рекомендованной для Краснодарского края, кроме изучаемых факторов и вариантов.

Результаты. Гидротермические условия существенно варьировали в годы проведе-

ния исследований с гибридами кукурузы, особенно по количеству и равномерности выпадения осадков в летние месяцы (рис. 1).

Установлено, что по среднесуточной температуре воздуха наиболее жарким был вегетационный период растений кукурузы в 2018 г., в котором она увеличилась 21,5°C. В 2017 г. этот показатель снизился до 21,0°C (на 2,2%), а в 2019 г. – до 20,3°C (на 6,0%). Количество атмосферных осад-

ков за вегетационный период исследуемой культуры, наоборот, было минимальным (206 мм) в 2018 г., в 2019 г. – возросло на 46,6%, а в 2017 г. было наибольшим – 324 мм. Следует отметить, что распределение осадков по отдельным месяцам было крайне неравномерным и отличалась по годам проведения полевых экспериментов: в 2017 г – в 3,8 раза; 2018 г. – в 13,0 раз; 2019 г. – в 8,9 раза.

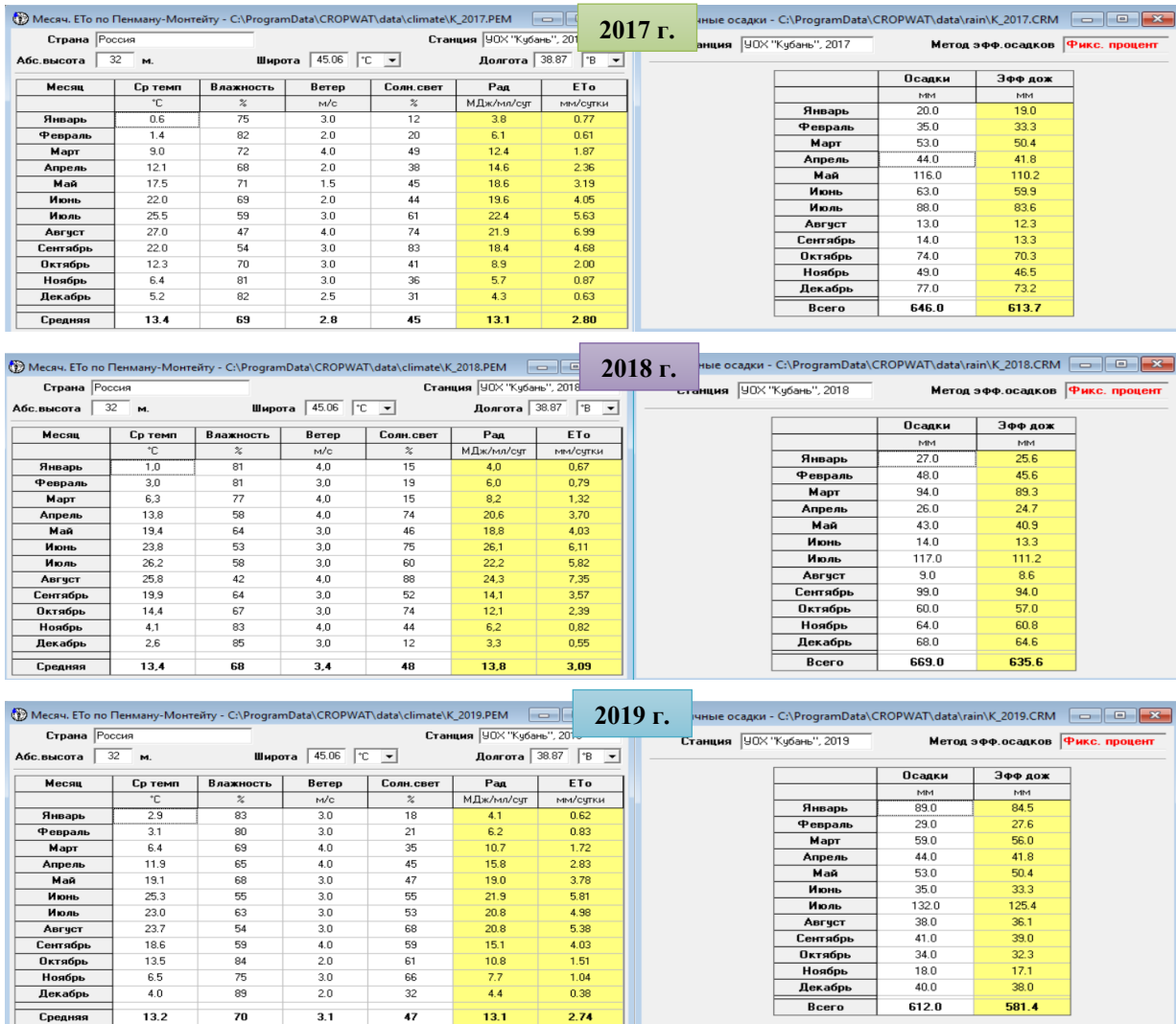


Рис. 1. Температура (°C) и относительная влажность воздуха (%), скорость ветра (м/с), продолжительность солнечного сияния (%), количество осадков и смоделированные программой CropWat показатели прихода солнечной радиации (МДж/м² в сутки), эвапотранспирации (мм/сутки) и эффективных осадков (мм) по месяцам в годы проведения исследований с гибридами кукурузы

Fig. 1. Temperature (°C) and relative humidity (%), wind speed (m/s), sunshine duration (%), precipitation amount, and CropWat-simulated solar radiation (MJ/m² per day), evapotranspiration (mm/day), and effective precipitation (mm) monthly during the years of the corn hybrid studies

Минимальный приход солнечной радиации во все года исследований был в зимний период в январе и декабре и находился в диапазоне от 3,3 до 4,4 МДж/м² в сутки. Наибольшим данный показатель на уровне 26,1 МДж/м² в сутки был в июне 2018 г., что превышало наименьшие значения в 5,9-7,7 раза. Во все годы проведения полевых экспериментов в летние месяцы приход солнечной радиации превышал 20 МДж/м² в сутки, кроме июня 2017 г., когда он из-за прохладной с осадками погоды был равен 19,6 МДж/м² в сутки.

Среднесуточное испарение (эвапотранспирация) также была тесно взаимосвязана с календарными периодами с минимальными показателями зимой – 0,38-0,83 мм/сутки и наибольшими величинами в августе 2017 и 2018 гг. (6,99 и 7,35 мм/сутки), и в июне 2019 г. – 5,81 мм/сутки.

Чистая продуктивность фотосинтеза исследуемых гибридов кукурузы как комплексный показатель, который дает глубокое понимание биологических процессов в растении, его реакции на окружающую среду и отдельные элементы агротехники, существенно изменялась по вариантам сроков сева и количества культиваций, но практически не зависела от гербицидов (табл. 1).

Этот показатель увеличился до наибольшей величины 6,9 г/м² на варианте с гибридом ДКС 4590, который выращивали с применением гербицида Люмакс с применением раннего срока сева и без междурядных культиваций. Чистая продуктивность фотосинтеза снизилась на 46,8% (до 4,7 г/м²) при высевании в поздний срок гибрида Феномен, также с использованием для борьбы с сорняками гербицида Люмакс и проведении одной междурядной обработки.

Таблица 1. Чистая продуктивность фотосинтеза гибридов кукурузы в зависимости от гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций, г/м², 2017-2019 гг.
Table 1. Net photosynthetic productivity of corn hybrids depending on herbicides, sowing time and the number of inter-row cultivations, g/m², 2017-2019.

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам			
			без культивации	одна культивация	две культивации	С	В	А	
Ладожский 291	Люмакс	Ранний	6,3	6,4	6,6	6,3	5,7	5,9	
		Средний	6,0	6,2	5,7				
		Поздний	5,3	5,6	5,2				
	Элюмис	Ранний	6,4	6,3	6,7		5,2		5,7
		Средний	5,9	5,6	5,6				
		Поздний	5,3	5,1	4,8				
	Титус Плюс	Ранний	6,5	6,2	6,5		5,7		5,7
		Средний	6,0	5,7	5,9				
		Поздний	5,6	5,3	5,2				
ДКС 4590	Люмакс	Ранний	6,9	6,5	6,0	6,3	5,7	5,9	
		Средний	6,5	5,8	5,5				
		Поздний	5,9	5,1	4,9				
	Элюмис	Ранний	6,7	6,5	5,9		5,2		5,7
		Средний	6,4	6,4	5,4				
		Поздний	5,5	5,6	5,0				
	Титус Плюс	Ранний	6,7	6,2	6,3		5,7		5,7
		Средний	6,0	5,6	5,7				
		Поздний	5,4	4,8	5,3				
Феномен	Люмакс	Ранний	6,2	5,6	5,4	6,3	5,7	5,4	
		Средний	5,7	5,4	5,3				
		Поздний	5,0	4,7	4,8				
	Элюмис	Ранний	6,4	5,6	5,7		5,2		5,7
		Средний	5,8	5,3	5,2				
		Поздний	5,3	4,9	5,0				
	Титус Плюс	Ранний	6,4	6,1	5,9		5,7		5,7
		Средний	5,8	5,5	5,4				
		Поздний	5,2	4,8	4,8				
Среднее по фактору D			6,0	5,7	4,8				
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 0,12 г/м ²									

В среднем по первому исследуемому фактору (гибрид – А) проявилось преимущество выращивания гибридов Ладожский 291 и ДКС 4590, у которых чистая продуктивность фотосинтеза повысилась в среднем до 5,9 г/м². У гибрида Феномен он существенно (на 9,3%) снизился и был равен 5,4 г/м².

По вариантам применения гербицидов (фактор В) исследуемый показатель был одинаковой и составлял 5,7 г/м², что объясняется слабым диапазоном отличий по приросту сырой массы сухого вещества и площади ассимиляционной поверхности на вариантах с разными препаратами.

Следует отметить, что сроки проведения посевных работ в максимальной степени повлияли на величину чистой продуктивности фотосинтеза. Так, при раннем сроке этот показатель достиг максимального значения 6,3 г/м². На втором сроке сева он уменьшился до 5,8 г/м² или на 8,6%. Минимальная чистая продуктивность фотосинтеза была зафиксиро-

рована при позднем сроке сева – 5,2 г/м², что было меньше первого варианта фактора С на 21,2%, а второго варианта – на 11,5%.

Количество междурядных культиваций существенно влияло на чистую продуктивность фотосинтеза. Так, на контрольном варианте фактора D (без культивации междурядий) данный показатель возрос в среднем до 6,0 г/м². При проведении одной междурядной культивации он снизился на 5,3% до 5,7 г/м², а при двух культивациях – до 4,8 г/м², что было меньше контрольного варианта на 25,0%.

Фотосинтетический потенциал отображал тенденции и закономерности, которые были установлены относительно показателей чистой продуктивности фотосинтеза, кроме фактора D, где фотосинтетический потенциал, наоборот, увеличивался при переходе от контрольного варианта (без обработок) к вариантам с одной и двумя культивациями (табл. 2).

Таблица 2. Фотосинтетический потенциал посевов кукурузы в зависимости от гибридного состава, гербицидов, сроков сева и количества междурядных культиваций, млн м²-дней/га, 2017-2019 гг

Table 2. Photosynthetic potential of corn crops depending on hybrid composition, herbicides, sowing time and the number of inter-row cultivations, million m²-days/ha, 2017-2019

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам		
			без культивации	одна культивация	две культивации	С	В	А
Ладожский291	Люмакс	Ранний	2,8	3,1	3,0	3,0	2,7	2,8
		Средний	2,7	2,9	2,9			
		Поздний	2,4	2,6	2,5			
	Элюмис	Ранний	2,9	3,1	3,1	2,7		
		Средний	2,6	2,8	2,8			
		Поздний	2,4	2,4	2,5			
	Титус Плюс	Ранний	2,9	3,1	3,1	2,7		
		Средний	2,7	2,9	2,9			
		Поздний	2,5	2,6	2,6			
ДКС 4590	Люмакс	Ранний	3,1	3,0	3,1	2,8		
		Средний	2,7	2,7	2,9			
		Поздний	2,5	2,5	2,5			
	Элюмис	Ранний	3,0	3,0	3,1			
		Средний	3,0	2,8	2,9			
		Поздний	2,6	2,6	2,6			
	Титус Плюс	Ранний	2,9	3,2	3,1			
		Средний	2,6	2,8	2,8			
		Поздний	2,3	2,6	2,6			
Феномен	Люмакс	Ранний	2,6	2,7	2,8	2,6		
		Средний	2,5	2,6	2,7			
		Поздний	2,2	2,4	2,3			
	Элюмис	Ранний	2,6	2,8	2,9			
		Средний	2,5	2,6	2,7			
		Поздний	2,2	2,4	2,4			
	Титус Плюс	Ранний	2,9	2,9	3,0			
		Средний	2,6	2,7	2,7			
		Поздний	2,2	2,3	2,4			
Среднее по фактору D			2,6	2,7	2,8			
НСР ₀₅ по факторам ABCD – 0,08 млн м ² -дней/га								

Применение одной междурядной культивации способствовало получению наибольшего фотосинтетического потенциала кукурузы на уровне 3,2 млн м²-дней/га. Минимальным (2,2 млн м²-дней/га) этот показатель был при выращивании гибрида Феномен с использованием гербицида Титус Плюс, проведении сева в поздний срок и без применения междурядной культивации (контроль фактора D), что было на 45,5% меньше лучшего варианта.

Гибриды кукурузы Ладожский 291 и ДКС 4590 сформировали одинаковую величину фотосинтетического потенциала посевов – в среднем по фактору А 2,8 млн м²-дней/га, а у гибрида Феномен зафиксировано его снижение до 2,6 млн м²-дней/га, или на 7,5%.

Применение гербицидов не влияло на фотосинтетический потенциал исследуемой культуры. На всех вариантах он был одинаковым – 2,7 млн м²-дней/га.

Сроки сева в значительной степени влияли на формирование показателей фотосинтетического потенциала посевов кукурузы. Сев в ранние сроки способствовал получению наибольшего показателя, в среднем по фактору С 3,0 млн м²-дней/га. Перенос посевных работ на средний и поздний срок обусловил снижение фотосинтетического потенциала посевов до 2,7 и 2,4 млн м²-дней/га или на 11,1 и 25,0% соответственно.

Минимальный фотосинтетический потенциал посевов кукурузы, в среднем по четвертому изучаемому фактору, зафиксирован на контрольном варианте (без механических обработок) – 2,6 млн м²-дней/га. При проведении одной междурядной культивации он возрос до 2,7 млн м²-дней/га или на 3,9%, а при двух культивации – 2,8 млн м²-дней/га, или на 7,7%.

Установление показателей коэффициента полезного действия фотосинтетически активной радиации (КПД_{ФАР}) имеет важное научное и практическое значение, поскольку позволяет количественно оце-

нить эффективность использования растениями солнечной энергии для синтеза органических веществ. Применение более эффективных агротехнических приемов или их усовершенствование, создание новых сортов и гибридов, а также развитие точного земледелия, где параметры окружающей среды автоматически регулируются для поддержания оптимального КПД_{ФАР}, является важной частью научно-исследовательских работ в агрономии.

В наших полевых опытах коэффициент полезного действия фотосинтетически активной радиации в разной степени изменялся под действием изучаемых факторов агроприемов возделывания и их вариантов (табл. 3). Максимальным, на уровне 2,8%, он был на варианте с проведением двух междурядных культиваций, при высеве в ранний срок гибрида ДКС 4590 и защите от сорняков с помощью гербицида Титус Плюс. КПД_{ФАР} существенно, в 1,9 раза, снизился и составлял 1,5% на варианте с гибридом Феномен, применении препарата Люмакс, сева в поздний срок и без междурядных обработок.

При выращивании гибрида кукурузы ДКС 4590 КПД_{ФАР} достиг максимального уровня (2,3%). На варианте с гибридом Ладожский 291 он несущественно увеличился до 2,2%, или на 0,1 процентный пункт. На опытных делянках с гибридом кукурузы Феномен коэффициент полезного действия ФАР снизился до 2,0%, что было на 0,2-0,3 процентных пунктов ниже, чем на других изучаемых гибридах.

На вариантах с внесением гербицидов Элюмис и Титус Плюс отмечено возрастание изучаемого показателя, в среднем до 2,2%. При использовании для контроля сорняков препарате Люмакс он несущественно снизился на 0,1 процентный пункт.

Минимальный изучаемый показатель на уровне 2,0% был получен при позднем севе гибридов кукурузы. При среднем и раннем сроках сева КПД_{ФАР} увеличился до 2,3 и 2,5%, или на 0,3-0,5 процентных пунктов.

Таблица 3. Коэффициент полезного действия фотосинтетически активной радиации (КПД_{ФАР}) в зависимости от изучаемых факторов, %, 2017-2019 гг
Table 3. Efficiency of photosynthetically active radiation (EC_{phAR}) depending on the factors studied, %, 2017-2019

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам		
			без культивации	одна культивация	две культивации	С	В	А
Ладожский 291	Люмакс	Ранний	2,3	2,4	2,6	2,5	2,1	2,2
		Средний	2,2	2,3	2,4			
		Поздний	1,7	2,0	2,1			
	Элюмис	Ранний	2,3	2,4	2,6	2,0	2,2	
		Средний	2,1	2,2	2,3			
		Поздний	1,9	1,9	1,9			
	Титус Плюс	Ранний	2,4	2,5	2,6	2,2	2,2	
		Средний	2,2	2,3	2,4			
		Поздний	2,0	2,0	2,1			
ДКС 4590	Люмакс	Ранний	2,7	2,7	2,6	2,2	2,3	2,3
		Средний	2,5	2,2	2,2			
		Поздний	2,0	1,8	1,9			
	Элюмис	Ранний	2,5	2,6	2,5	2,2	2,2	
		Средний	2,4	2,6	2,2			
		Поздний	1,9	2,2	2,0			
	Титус Плюс	Ранний	2,5	2,6	2,8	2,2	2,2	
		Средний	2,2	2,2	2,4			
		Поздний	1,9	1,8	2,1			
Феномен	Люмакс	Ранний	2,2	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0
		Средний	2,0	2,1	2,1			
		Поздний	1,5	1,8	1,9			
	Элюмис	Ранний	2,3	2,2	2,3	2,1	2,1	
		Средний	2,1	2,0	2,1			
		Поздний	1,8	1,7	1,9			
	Титус Плюс	Ранний	2,3	2,4	2,4	2,2	2,2	
		Средний	2,0	2,1	2,2			
		Поздний	1,8	1,8	1,9			
Среднее по фактору D			2,1	2,2	2,2			

Культивации междурядий способствовали увеличению коэффициента полезного действия фотосинтетически активной радиации на 4,8% – с 2,1 до 2,2%.

Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза (К_{хоз}), который является важным показателем продуктивности и определяющееся как отношение количества сухого вещества, накопленного в хозяйственно более ценных органах растения (зерно), к общему количеству сухого вещества [30]. Данный показатель увеличился до 0,48% при севе гибрида ДКС 4590 в ранний срок на вариантах с применением гербицида Люмакс без культиваций, а также на делянках с защитой от сорняков с помощью препарата Титус Плюс и проведении двух междурядных обработок посевов (табл. 4).

На 26,3% (до 0,38%) коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза снизился на варианте с гибридом Феномен, который выращивали на делянках с внесением гербицида Люмакс при позднем

сроке сева и без проведения междурядных культиваций.

В среднем по гибриднему составу кукурузы наибольшую величину К_{хоз} зафиксировали у гибрида ДКС 4590, где он увеличился до 0,45%. При выращивании гибридов Ладожский 291 и Феномен коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза несущественно снизился до 0,44 и 0,43%, или на 0,01-0,02 процентных пункта.

Ранний срок сева также способствовал некоторому повышению, в среднем до 0,45%, показателя К_{хоз}. При среднем сроке он снизился до 0,44% (на 0,01 процентный пункт), а при позднем – до 0,43% (на 0,02 процентный пункт).

Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза по фактору D был одинаковый на всех вариантах междурядных культиваций посевов кукурузы и составил 0,44%, что можно объяснить очень слабой разницей в показателях сбора сухого вещества на вариантах этого фактора.

Таблица 4. Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{\text{ХОЗ}}$) в зависимости от изучаемых факторов, %, 2017-2019 гг
Table 4. Coefficient of economic efficiency of photosynthesis (C_{EE}) depending on the studied factors, %, 2017-2019

Гибрид (фактор А)	Гербицид (фактор В)	Срок сева (фактор С)	Культивации (фактор D)			Среднее по факторам			
			без культивации	одна культивация	две культивации	С	В	А	
Ладожский 291	Люмакс	Ранний	0,45	0,44	0,44	0,45	0,43	0,44	
		Средний	0,45	0,45	0,45				0,44
		Поздний	0,39	0,43	0,43				0,43
	Эломис	Ранний	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44		
		Средний	0,44	0,43	0,44				
		Поздний	0,43	0,43	0,43				
	Титус Плюс	Ранний	0,45	0,45	0,46	0,44	0,44		
		Средний	0,44	0,45	0,45				
		Поздний	0,44	0,43	0,43				
ДКС 4590	Люмакс	Ранний	0,48	0,47	0,46	0,45	0,45		
		Средний	0,47	0,43	0,43				
		Поздний	0,41	0,40	0,41				
	Эломис	Ранний	0,46	0,45	0,45			0,45	0,45
		Средний	0,45	0,45	0,43				
		Поздний	0,43	0,43	0,43				
	Титус Плюс	Ранний	0,46	0,47	0,48			0,45	0,45
		Средний	0,46	0,45	0,46				
		Поздний	0,43	0,42	0,43				
Феномен	Люмакс	Ранний	0,44	0,43	0,44	0,43	0,43		
		Средний	0,44	0,43	0,43				
		Поздний	0,38	0,43	0,42				
	Эломис	Ранний	0,44	0,43	0,45			0,43	0,43
		Средний	0,44	0,43	0,43				
		Поздний	0,41	0,40	0,42				
	Титус Плюс	Ранний	0,44	0,44	0,45			0,43	0,43
		Средний	0,43	0,43	0,43				
		Поздний	0,43	0,42	0,43				
Среднее по фактору D			0,44	0,44	0,44				

Урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе кукурузы, является основным показателем продуктивности агрофитоценоза, который напрямую зависит от эффективности использования растением ключевых факторов внешней среды, в первую очередь солнечной радиации. Высокий показатель КПД_{ФАР} свидетельствует о более эффективном функционировании фотосинтетического аппарата растений, оптимальной архитектонике посева, рациональном распределении ассимилятов и, как следствие, о потенциально более высокой продуктивности [18].

Установлено, что очень высокий уровень корреляционной связи (близкий к единице) в математической модели между урожайностью зерна и коэффициентом полезного действия ФАР (рис. 2). Гибрид Ладожский 291 по полиномиальной линии тренда показывает лучший потенциал повышения урожайности при увеличении урожайности зерна, особенно в диапазоне

урожайности больше 70 ц/га, когда КПД_{ФАР} превышает 2,5%.

Гибрид кукурузы ДКС 4590 обладает максимально высоким уровнем использования солнечной энергии и повышении КПД_{ФАР} больше 3,0% при теоретической урожайности зерна больше 67 ц/га.

Гибрид Феномен также показывает высокий потенциал формирования урожайности зерна (62 ц/га и выше) при превышении КПД_{ФАР} больше 2,0%.

Следует отметить, что у всех исследуемых гибридов зафиксированы минимальные значения КПД_{ФАР} (1,0-1,6%) при наименьшей урожайности зерна на уровне 30-40 ц/га.

Таким образом, построение корреляционно-регрессионной модели позволяет прогнозировать потенциальную урожайность кукурузы на основе показателей КПД_{ФАР}, рассчитанных в разные фазы вегетации. Это важно для планирования производства, оценки эффективности применяе-

мых технологий и заблаговременного принятия управленческих решений. Снижение КПД_{ФАР} может служить индикатором воздействия стрессовых факторов (засуха, дефицит питания, болезни, экстремальные температуры), что позволит своевременно реагировать и принимать корректирующие меры для минимизации потерь урожая зерна кукурузы.

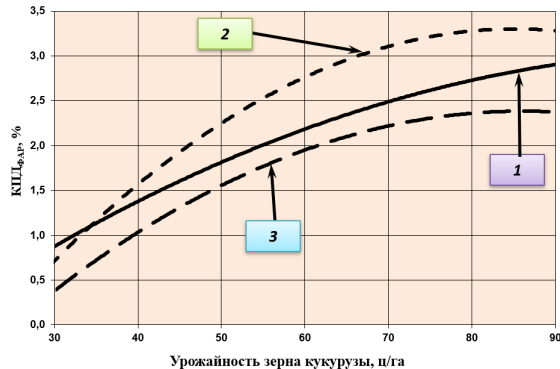


Рис. 2. Корреляционно-регрессионная зависимость между урожайностью зерна кукурузы (ц/га) и коэффициентом полезного действия фотосинтетически активной радиации (КПД_{ФАР}, %) у гибридов:

1 – Ладожский 291

$$(y = 0,00005x^2 + 0,0316x + 0,1457; R^2 = 0,9887);$$

2 – DKC 4590

$$(y = 0,0005x^2 + 0,0331x + 0,0858; R^2 = 0,9928);$$

3 – Феномен

$$(y = -0,0002x^2 + 0,0585x - 0,595; R^2 = 0,9843)$$

Fig. 2. Correlation-regression relationship between corn grain yield (centners/ha) and the efficiency of photosynthetically active radiation (EC_{PhAR}, %) in hybrids:

1 – Ladozhskiy 291

$$(y = 0.00005x^2 + 0.0316x + 0.1457; R^2 = 0.9887);$$

2 – DKC 4590

$$(y = 0.0005x^2 + 0.0331x + 0.0858; R^2 = 0.9928);$$

3 – Phenomenon

$$(y = -0.0002x^2 + 0.0585x - 0.595; R^2 = 0.9843)$$

Заключение. Доказано, что вегетационный период гибридов кукурузы в 2018 г. характеризовался максимальной температурой воздуха (21,5°C) и наименьшим количеством осадков (206 мм), в 2017 и 2019 гг. температура снизилась до 21,0° и 20,3°C. Распределение осадков было крайне неравномерным во все годы, осо-

бенно в 2018 г. (существенное различие в 13 раз). Солнечная радиация достигала пика в летние месяцы (до 26,1 МДж/м² в июне 2018 г.), а минимального значения (3,3-4,4 МДж/м²) достигало зимой.

Чистая продуктивность фотосинтеза максимального уровня 6,9 г/м² достигала у гибрида DKC 4590 при раннем сроке сева, применении гербицида Люмакс и отсутствии междурядных культиваций. Минимальное значение (4,7 г/м²) наблюдалось у гибрида Феномен при позднем севе, гербициде Люмакс и одной культивации. Отсутствие междурядных культиваций повысило этот показатель до 6,0 г/м², тогда как одна или две культивации снижали его до 5,7 и 4,8 г/м². В среднем по четвертому фактору установлено, что варианты применения гербицидов не оказали существенного влияния на чистую продуктивность фотосинтеза.

Наибольший фотосинтетический потенциал кукурузы (3,2 млн м²-дней/га) достигнут при одной междурядной культивации. Минимальный (2,2 млн м²-дней/га) зафиксирован при комбинации гибрида Феномен, позднего сева, гербицида Титус Плюс и отсутствии междурядной культивации, что на 45,5% ниже максимума. Среди гибридов кукурузы Ладожский 291 и DKC 4590 сформировали более высокий потенциал – 2,8 млн, чем гибрид Феномен 2,6 млн м²-дней/га. Междурядные культивации увеличивают потенциал (до 2,8 млн м²-дней/га при двух культивациях) по сравнению с их отсутствием. Применение гербицидов не влияет на фотосинтетический потенциал посевов.

Максимальный коэффициент полезного действия ФАР (2,8%) получен при раннем посеве гибрида DKC 4590, применении гербицида Титус Плюс и проведении двух междурядных культиваций. Зафиксировано увеличение КПД_{ФАР} при севе гибрида DKC 4590 (до 2,3%) по сравнению с Феноменом (2,0%); при раннем и среднем сроках сева (до 2,3-2,5%) относительно позднего (2,0%); на вариантах с гербици-

дом Элюмис и Титус Плюс (в среднем до 2,2%); при проведении междурядных культиваций с увеличением на 4,8%.

Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{\text{ХОЗ}}$) кукурузы был максимальным у гибрида ДКС 4590 (0,45%) по сравнению с гибридами Ладожский 291 (0,44%) и Феномен (0,43%). Ранний срок сева также повышал исследуемый показатель (в среднем до 0,45%), тогда как средний и поздний сроки его снижали (до 0,44 и 0,43%). При этом междурядные культивации не оказали существенного влияния на $K_{\text{ХОЗ}}$, который был одинаковым на всех вариантах и составлял 0,44%.

Доказана очень сильная корреляция между урожайностью зерна и коэффициентом полезного действия фотосинтетически активной радиации. У гибрида Ладожский 291 отмечен лучший потенциал урожайности (больше 70 ц/га) при КПД_{ФАР} больше 2,5%. Гибрид кукурузы ДКС 4590 обеспечил максимально высокий КПД_{ФАР} (больше

3,0%) при урожайности больше 67 ц/га. Гибрид Феномен – высокий потенциал урожайности (больше 62 ц/га) при КПД_{ФАР} больше 2,0%. У всех гибридов отмечен минимальный показатель (1,0-1,6%) при низкой урожайности (на уровне 30-40 ц/га). Выявление сильной и стабильной корреляционной связи позволит использовать КПД_{ФАР} как важный селекционный признак при создании новых высокопродуктивных гибридов кукурузы. Это даст возможность целенаправленно отбирать генотипы, способные максимально эффективно трансформировать солнечную энергию в урожай, что особенно актуально в условиях изменения климата и необходимости повышения продуктивности на единицу площади. Доказано, что с помощью оптимизации сортовой агротехники каждого гибрида кукурузы можно создать условия, которые позволят в максимальной степени повысить эффективность использования солнечной энергии и других ресурсов при выращивании исследуемой культуры.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коковихин С.В., Бойко Е.С., Магомедтагиров А.А. Влияние изменений климата и погодных условий на урожайность озимой пшеницы в условиях Центральной зоны Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 106. С. 104-115.
 2. Влияние системы основной обработки почвы на структуру чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / Т.В. Логойда [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 112. С. 155-166.
 3. Влияние факторов агротехники на физиолого-биохимические параметры растений озимой пшеницы, возделываемой по различным предшественникам / Ю.П. Федулов [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 74. С. 158-168.
 4. Коковихин С.В., Василько В.П., Сташкина А.Ф. Оптимизация систем земледелия на территории Северного Причерноморья в условиях изменения климата и эколого-мелиоративного состояния почв // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2023. № 36 (199). С. 71-89.
 5. Баландин В.С., Василько В.П. Влияние системы удобрения на урожайность и качество зерна кукурузы в условиях низинно-западного агроландшафта // Современные векторы развития науки: сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2023 год (Краснодар, 06 февр. 2024 г.). Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2024. С. 3-4.
 6. Эффективность применения интенсивной и биологизированной технологии выращивания гибридов кукурузы при капельном орошении / О.В. Макуха [и др.] // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2024. № 38 (201). С. 101-116.
- Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

7. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozhehova [et al.] // *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20, No. 4. P. 8-13.

8. Адамень Ф.Ф., Коковихин С.В., Сташкина А.Ф. Эффективность применения искусственного увлажнения с учётом метеорологических факторов при выращивании основных сельскохозяйственных культур в условиях Северного Причерноморья // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2023. № 33 (196). С. 34-43.

9. Коковихин С.В., Макаренко А.А., Логойда Т.В. Оптимизация орошаемых севооборотов и агроэкологическое обоснование климатически ориентированных систем земледелия // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2024. № 39 (202). С. 80-99.

10. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozhehova [et al.] // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2020. Vol. 26, No. 4. P. 885.

11. Василько В.П., Баландин В. С. Динамика агрегатного состава почвы под кукурузой в зависимости от системы основной обработки почвы // *Сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2024 год: сборник трудов конференции (Краснодар, 05 февр. 2025 г.)*. Краснодар: КубГАУ им. И.Т. Трубилина, 2025. С. 8-10.

12. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном центральной зоны Краснодарского края / Т.В. Логойда [и др.] // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2020. № 82. С. 90-96.

13. Калинин О.С., Баландин В.С., Ивлев А.С. Влияние способа основной обработки почвы на урожайность сахарной свеклы в условиях центральной зоны Краснодарского края // *Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей V Международной научно-практической конференции (Пенза, 21-22 февр. 2020 г.)*. Пенза: Пензенский ГАУ, 2020. С. 67-69.

14. Эффективность применения гербицидов в посевах кукурузы на зерно в зависимости от срока посева на черноземе выщелоченном центральной зоны Краснодарского края / Т.В. Логойда [и др.] // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2020. № 82. С. 90-96.

15. Позднякова А.В., Магомедтагиров А.А. Влияние гербицидов на урожайность кукурузы в центральной зоне Краснодарского края // *Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам LXXIV научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2018 год (Краснодар, 26 апр. 2019 г.)* / отв. за вып. А.Г. Коцаев. Краснодар: КубГАУ имени И.Т. Трубилина, 2019. С. 61-62.

16. Архив погоды в Краснодаре. 2017, 2018, 2019 гг. [Электронный ресурс]. URL: https://meteo9.ru/archive_v_krasnodare/oJ6X.

17. Land & Water. CropWat [Electronic resource]. URL: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en>.

18. Дисперсионный и корреляционный анализ в растениеводстве и луговодстве: монография / Ушкаренко В.А. [и др.]. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. 336 с.

REFERENCES

1. Kokovikhin, S.V., Boyko, E.S., Magomedtagirov, A.A. The impact of climate change and weather conditions on winter wheat yield in the central zone of Krasnodar territory // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2023. Issue 106. P. 104-115. [In Russ.]

2. The impact of primary tillage system on the structure of leached chernozem in the Western Ciscaucasia / T.V. Logoida [et al.] // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2024. Issue 112. P. 155-166. [In Russ.]

3. The impact of agricultural technology factors on the physiological and biochemical parameters of winter wheat plants cultivated after different predecessors / Yu.P. Fedolov [et al.] // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2018. Issue 74. P. 158-168. [In Russ.]

4. Kokovikhin S.V., Vasilko, V.P., Stashkina, A.F. Optimization of farming systems in the Northern Black Sea region under changing climate conditions and the ecological and meliorative state of soils // News of the agricultural science of Tavrida. 2023. Issue 36 (199). P. 71-89. [In Russ.]
5. Balandin, V.S., Vasilko, V.P. Influence of the fertilization system on the yield and quality of corn grain in the conditions of a lowland-western agricultural landscape // Modern vectors of science development: a collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of research for 2023 (Krasnodar, February 6, 2024). Krasnodar: KubSAU im. I.T. Trubilina, 2024. P. 3-4. [In Russ.]
6. Efficiency of using intensive and biologized technology for growing corn hybrids with drip irrigation / O.V. Makukha [et al.] // News of agricultural science of Tavrida. 2024. Issue 38 (201). P. 101-116. [In Russ.]
7. Modeling safflower seed productivity in dependence on cultivation technology by the means of multiple linear regression model / R. Vozzhova [et al.] // Journal of Ecological Engineering. 2019. Vol. 20, No. 4. P. 8-13.
8. Adamen, F.F., Kokovikhin, S.V., Stashkina, A.F. Efficiency of using artificial moisture taking into account meteorological factors in growing the main agricultural crops in the conditions of the Northern Black Sea region // News of agricultural science of Tavrida. 2023. No. 33 (196). P. 34-43.
9. Kokovikhin S.V., Makarenko A.A., Logoida T.V. Optimization of irrigated crop rotations and agroecological substantiation of climate-oriented farming systems // News of the agricultural science of Tavrida. 2024. Issue 39 (202). P. 80-99. [In Russ.]
10. Energy efficiency of sweet corn cultivation at drip irrigation in dependence on depth of plowing, fertilization and plants density / R. Vozzhova [et al.] // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 26, Issue 4. P. 885. [In Russ.]
11. Vasilko, V.P., Balandin, V.S. Dynamics of the aggregate composition of soil under corn depending on the primary tillage system // Collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of research for 2024: collection of conference papers (Krasnodar, February 5, 2025). Krasnodar: Kuban State Agricultural University named after I.T. Trubilin, 2025. P. 8-10. [In Russ.]
12. Efficiency of herbicide application in grain corn crops depending on the sowing time on leached chernozem in the central zone of Krasnodar Krai / T.V. Logoida [et al.] // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2020. No. 82. Pp. 90-96. [In Russ.]
13. Kalinin, O.S., Balandin, V.S., Ivlev, A.S. The influence of the primary tillage method on the yield of sugar beet in the central zone of the Krasnodar Territory // Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: a collection of articles of the V International scientific and practical conference (Penza, February 21-22, 2020). Penza: Penza State Agrarian University, 2020. P. 67-69. [In Russ.]
14. Efficiency of herbicide application in grain corn crops depending on the sowing time on leached chernozem in the central zone of the Krasnodar Territory / T.V. Logoida [et al.] // Transactions of the Kuban State Agrarian University. 2020. Issue 82. P. 90-96. [In Russ.]
15. Pozdnyakova, A.V., Magomedtagirov, A.A. The impact of herbicides on corn yields in the central zone of the Krasnodar Territory // Scientific support for the agro-industrial complex: a collection of articles based on the materials of the lxxiv scientific and practical conference of students on the results of R&D for 2018 (Krasnodar, April 26, 2019) / Responsible for the Issue is A.G. Koshchaev. Krasnodar: KubSAU named after I.T. Trubilin, 2019. P. 61-62. [In Russ.]
16. Weather Archive in Krasnodar. 2017, 2018, 2019 [Electronic Resource]. URL: https://meteo9.ru/archive_v_krasnodare/oJ6X. [In Russ.]
17. Land & Water. CropWat [Electronic Resource]. URL: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/cropwat/en>.
18. Dispersion and correlation analysis in crop production and meadow cultivation: a monograph / Ushkarenko V.A. [et al.]. Moscow: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2011. 336 p. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Макаренко Александр Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, декан факультета агрономии и экологии, 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. им. Калинина, д. 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6728-3058>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Коковихин Сергей Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой 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. им. Калинина, д. 13, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1687-6889>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Aleksandr A. Makarenko, PhD (Agr.), Associate Professor, Dean of the Faculty of Agronomy and Ecology, 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, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6728-3058>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Sergey V. Kokovikhin, Dr Sci. (Agr.), Professor, Head of the Department of General and Irrigated Agriculture, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin; 350044, the Russian Federation, Krasnodar, 13 Kalinina St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1687-6889>, e-mail: agronomic@kubsau.ru

Заявленный вклад авторов

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Claimed contribution of the authors

All authors have contributed equally to the publication.

Поступила в редакцию 14.09.2025

Поступила после рецензирования 17.10.2025

Принята к публикации 20.10.2025

Received 14.09.2025

Revised 17.10.2025

Accepted 20.10.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-170-182>

УДК 633.34:631.5



Адаптация агротехнических элементов для возделывания сои сорта Славия

И.А. Мешлок✉

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

Аннотация. Введение. Соя занимает особое место среди зернобобовых культур благодаря уникальному химическому составу семян, богатых полезными веществами, и превосходящими многие другие виды сельскохозяйственных растений. Изучение и корректировка элементов агротехники сои актуальны для юга России ввиду специфики климата, высокого экономического значения культуры и проблем деградации почв. **Цель исследования.** Определить влияние сроков, норм и способов посева на ростовые процессы и продуктивность сои сорта Славия на слитых выщелоченных чернозёмах для повышения урожайности и качества семян. **Методы исследования.** Экспериментальные исследования проводились согласно Методике полевого опыта по Б.А. Доспехову. **Результаты.** Лабораторные анализы выявили всхожесть семян 96%; полевая всхожесть обеспечила сохранность $\geq 80\%$ растений ко времени сбора урожая. Показатели выживаемости значительно улучшались при уменьшении густоты стояния растений до 0,6 млн. шт./га и сужении междурядий до 15 см, демонстрируя рост до 93%. Наибольшая плотность сорных растений (100,3 шт./м²) была отмечена перед уборкой урожая на вариантах с ранним сроком посева, минимальной нормой высева семян (0,2 млн. шт./га) и минимально возможной шириной междурядий. Масса сухого вещества одного растения варьировала в пределах от 9,09 до 18,45 г. Анализ основных показателей выявил их высокий уровень: количество бобов на растении варьировалось в пределах 8,2-36,8 штук, а семян – 7,3-37,9 штук. Масса 1000 семян находилась в диапазоне 212-276 г. Средняя урожайность составила 1,11-3,79 т/га. Отмечено, что поздние сроки посева снижали урожайность из-за недостатка влаги, что было особенно выражено в 2024 году. **Заключение.** Для достижения максимальной экономической эффективности при выращивании сои рекомендуется ранний посев рядовым способом с междурядьями 15 см и нормой высева 0,6 млн. семян на гектар. Это позволит получить урожайность до 3,79 т/га при рентабельности 76,5%.

Ключевые слова: соя, сорт Славия, предшественник, структура почвы, нормы высева, сроки посева, способы посева, всхожесть семян, количество бобов, структура урожая, урожайность, экономическая эффективность

Для цитирования: Мешлок И.А. Адаптация агротехнических элементов для возделывания сои сорта Славия. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 170-182. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-170-182>

Adaptation of agrotechnical practices for Slavia soybean variety cultivation

I.A. Meshlok

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

Abstract. Introduction. Soybean occupies a special place among grain legumes due to the unique chemical composition of its seeds, which are rich in nutrients and superior to many other agricultural crops. Studying and adjusting soybean agrotechnical practices is relevant for the southern Russia due to the specific climate, the high economic value of the crop, and the problems of soil degradation. The goal of the research was to determine the influence of sowing timing, rates, and methods on the growth processes and productivity of the Slavia soybean variety on drained leached chernozems to increase yield and seed quality. **The research methods.** Experimental studies were conducted according to B.A. Dospikhov's Field Experiment Methodology. **The results.** Laboratory analysis revealed a seed germination rate of 96%; field germination ensured that $\geq 80\%$ of plants survived at harvest. Survival rates improved significantly with a decrease in plant density to 0.6 million pcs/ha and a narrowing of row spacing to 15 cm, demonstrating an increase of up to 93%. The highest weed density (100.3 pcs/m²) was observed before harvest in the variants with an early sowing date, the minimum seeding rate (0.2 million pcs/ha), and the smallest possible row spacing. The dry matter mass of one plant varied from 9.09 to 18.45 g. Analysis of the main parameters revealed their high level: the number of pods per plant varied from 8.2 to 36.8 pcs, and the number of seeds varied from 7.3 to 37.9 pcs. The 1,000-seed weight ranged from 212 to 276 g. The average yield was 1.11 to 3.79 t/ha. Late sowing dates were noted to reduce yields due to moisture insecurity; it was particularly pronounced in 2024. **Conclusion.** To achieve maximum economic efficiency in soybean cultivation, early row sowing with 15 cm row spacing and a seeding rate of 0.6 million seeds per hectare is recommended. This will allow for yields of up to 3.79 t/ha with a profitability of 76.5%.

Keywords: soybean, Slavia variety, precursor, soil structure, seeding rates, sowing dates, sowing methods, seed germination, pod count, crop structure, yield, economic efficiency

For citation: Meshlok I.A. Adaptation of agrotechnical practices for Slavia soybean variety cultivation. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 170-182. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-170-182>

Введение. Первостепенной целью сельскохозяйственного производства выступает достижение высоких показателей продуктивности возделываемых культур, обеспечение качественного состояния полученной продукции, сохранение и повышение уровня естественного плодородия почв. В этом плане соя является высокопродуктивной сельскохозяйственной культурой, которая хорошо адаптируется к различным климатическим условиям и требует относительно небольших затрат на агротехнические мероприятия. Например, соя способна фиксировать атмосферный азот из воздуха и самостоятельно обогащать им почву, сокращая расходы на минеральные удобрения [16].

В современных реалиях сельскохозяйственной деятельности соя приобрела статус ключевой зернобобовой культуры в структуре большинства севооборотов, существенно потеснив традиционные виды гороха.

Рациональное проектирование системы севооборота способствует оптимальному

использованию потенциала естественного плодородия почвы, физиологических особенностей сельскохозяйственных культур, климатических характеристик местности, удобрений, защитных препаратов, специализированных технических средств и трудовых ресурсов. Это позволяет стабильно получать высокий уровень урожая одновременно с сохранением требуемого качества земель и экологической устойчивости окружающей среды.

Практикой земледелия и наукой доказано, что правильные севообороты в хозяйстве являются организующим звеном системы земледелия, и играют важную роль в обеспечении высокой продуктивности и устойчивости земледелия. В условиях устойчивого земледелия первостепенную роль играет почвозащитная функция севооборота.

Применение научно обоснованных агротехнических приемов культивирования сои обеспечивает аккумуляцию биологически доступного азота в почвенном профиле, оказывая продолжительное позитив-

ное влияние на развитие последующих культурных растений.

Эффективность агротехнических мероприятий существенно повышается при внедрении специализированных схем севооборота, сокращающих период ротации культур. Примером служит система последовательного выращивания сои и озимой пшеницы, которая демонстрирует высокую продуктивность и упрощенную организацию полевых работ. Важным преимуществом является возможность полного отказа от глубокого рыхления почвы, что способствует снижению затрат труда и ресурсов при сохранении высокого уровня урожайности сельскохозяйственных культур [9, 14, 15]. Важно отметить, что подобные злаково-бобовые звенья оказываются наиболее целесообразными и экономически оправданными для сельскохозяйственных предприятий, располагающих небольшими площадями обрабатываемой земли в диапазоне от 500 до 1000 гектаров.

Зерновые бобовые растения, включая сою, обладают существенным агрономическим значением благодаря своей способности обеспечивать высокий уровень накопления растительного протеина и минимизировать снижение содержания азота в почве относительно небобовых злаковых культур [9]. Несмотря на тот факт, что значительная доля симбиотически зафиксированного растениями сои азота удаляется вместе с урожаем и покидает пределы поля, содержание остаточного азота в почве после выращивания сои значительно превышает аналогичные показатели для других культур вследствие внесения органических остатков [12]. Это обуславливает высокую эффективность использования сои в роли предшественника в рамках различных звеньев севооборота, особенно применительно к ведущей культуре региона – озимой пшенице.

В результате интенсивных селекционно-генетических исследований, проведенных в «ФНЦ зернобобовых и крупяных культур»

разработаны новые сорта сои с высокой урожайностью (до 3,5 т/га), богатым составом белка (37-42%) и жиров (18-22%), сокращенным периодом созревания (100-115 дней) и отличной стрессоустойчивостью. Данные сорта не подвергались генетическим модификациям и требуют меньше тепла по сравнению с аналогичными сортами. Созданные в период 2015-2020 гг. виды сои различаются сроками созревания, внешним видом и способностью адаптироваться к местным почвенно-климатическим условиям, что позволяет максимально раскрыть потенциал урожайности культуры [8].

Ученые В.И. Храмой, Т.Д. Сихарулидзе и О.В. Рахимова [17] в своих исследованиях выявили, что при увеличении срока посева сои сорта Светлая сокращается интервал от момента посева до появления всходов (с 14 дней при посеве 30 апреля до 10 дней при посеве 15 мая), уменьшается продолжительность фаз развития от всходов до полного созревания (со 100 до 96 дней) и общая длительность периода от посева до полного созревания (со 115 до 106 дней). Семена созревают быстрее при ранних сроках посева (примерно на 5-7 дней раньше, чем при поздних), что даёт возможность завершить уборку в более комфортных погодных условиях. Наибольший урожай семян был достигнут при посеве 5 мая – 16,3 ц/га. Урожайность при посеве 30 апреля составила 15,7 ц/га, 10 мая – 13,3 ц/га, 15 мая – 11,3 ц/га.

При возделывании сорта сои Ланцетная в Белгородской области на типичных чернозёмах учёные О.Г. Котлярова и П.А. Лактионов достигли максимальных результатов урожайности при соблюдении следующих агротехнических условий: ширина междурядий – 30 см, норма высева – 900 тыс. шт./га, внесение минеральных удобрений в количестве $N_{20}P_{20}K_{20}$. Полученные ими результаты подтверждают возможность получения стабильно высоких урожаев с хорошим содержанием белков и жиров даже в местных климатических условиях [10].

Исследования, проведенные в 2021-2023 гг. в «ФНЦ агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки», дали возможность выявить перспективные сорта сои, отличающиеся повышенной продуктивностью, высоким содержанием белков и жиров в семенах, а также адаптированностью к негативным факторам внешней среды. Урожайность опытных сортов превышала контрольные значения на 32,4 и 38,6% соответственно у сортов Приморская 1690 и Приморская 1693. Максимальная концентрация масел выявлена в образцах Приморская 1674, Приморская 1685, Приморская 1687 и Приморская 1690 (24,8-25,2%), тогда как наибольшее содержание белка зафиксировано у Приморской 1659, Приморской 1675 и Приморской 1691 (свыше 40%). Устойчивость к неблагоприятным климатическим условиям проявляли сорта Приморская 1674, Приморская 1679, Приморская 1684, Приморская 1692, Приморская 1702 и Приморская 1705. Экологическая пластичность была ограничена у 40,6% проанализированных генотипов. Наиболее высокие показатели адаптивности отмечены у Приморских сортов 1697, 1698, 1690 и 1693. Выявлена зависимость накопления полезных компонентов семян сои от погодных условий: повышение уровня белков связано с кратковременными осадками на фоне высоких температур воздуха, увеличение концентрации жиров наблюдается при значительном повышении температуры окружающей среды [3].

Учеными СКНИИГиПСХ выявлено, что полевая всхожесть семян снижается по мере увеличения нормы высева – от 83,6 до 87,9%. Максимальная сохранность растений к сбору зафиксирована при норме высева 500 тыс./га (94, %), а минимальная (82,1%) – при норме 800 тыс./га. Семенная продуктивность растений сои оказалась наибольшей при норме высева 500 тыс./га – 4,5 г. Раннеспелые сорта показали лучший отклик на ширококорядные посева (45 см). Сплошной способ посева также продемонстрировал хорошие

результаты. Средняя урожайность за три года ширококорядного посева превзошла рядовую на 0,18 т/га. Изменчивость содержания белка зависела от типа посева несущественно, наибольшие значения отмечены на ширококорядных посевах [13].

Специалисты Российского НИИ проблем мелиорации установили, что максимальная урожайность скороспелого сорта «Селекта 201» достигается при ширине междурядий 45 см и норме высева 0,6 млн. шт./га, составляя 4,69 т/га, что превосходит контрольный показатель на 0,30 т/га. Высокая урожайность обусловлена оптимальными параметрами всхожести (95%), ростом растений (123 см), размером листового аппарата (74,8 тыс. м²/га) и общей биомассой (7,06 т/га). Среднеранний сорт «Селекта 302» при аналогичных условиях показал урожайность 4,87 т/га благодаря аналогичным высоким характеристикам развития растений [1].

Обоснованная значимость исследуемого направления обусловила проведение экспериментальных исследований в течение 2023-2024 гг., в условиях НИИСХ ФГБОУ ВО «МГТУ» с сортом сои Славия.

Целью настоящего исследования является изучение влияния агротехнических факторов на развитие и урожайность сорта сои Славия, выращиваемого на выщелоченных слитых чернозёмных почвах. Основное внимание уделено анализу зависимости роста растений и их продуктивности от сроков посева, норм высева семян и способов посева.

Слитые черноземы занимают до 78% всей территории и, согласно результатам гранулометрического анализа, рассматриваемая почва классифицируется как тяжелая по своему механическому составу. Доля фракции физической глины размером частиц менее 0,01 мм в разрезе профиля достаточно высока и достигает 76%. Мощность пахотного слоя варьируется в пределах 30-35 см, гумусового горизонта – 50-55 см. Содержание гумуса – 4,1-4,6% [11].

Для изучения особенностей агротехники возделывания сои применялась следующая экспериментальная схема, состоящая из трех факторов: а) способ посева (ширина между рядов, см): 15, 30, 45, 70; б) норма высева (шт./га): 1,0, 0,8, 0,6, 0,4, 0,2 млн.; в) срок посева: ранний (5 мая), средний (15 мая), поздний (25 мая). Экспериментальные участки располагались систематическим методом согласно Методике полевого опыта по Б.А. Доспехова [7] с трехкратной повторностью. Площадь каждой учетной делянки составляла 50,4 м². Объектом исследований служил раннеспелый сорт сои Славия, характеризующийся устойчивостью к кратковременным весенним заморозкам (до -4,5...-5,0°C), засухоустойчивостью вследствие глубокой корневой системы длиной до 2,5 м. Данный сорт достигает высоты 110-125 см, высота прикрепления нижнего боба 15-16 см. Его потенциальная урожайность составляет порядка 42 ц/га, масличность семян – 22%, масса 1000 семян – примерно 155 г., содержание белка – около 43%. В качестве предшественника культуры в звене севооборота «соя-озимая пшеница» выступал сорт озимой мягкой пшеницы Алексеич, селекции ФГБНУ «НЦЗ им. П.П. Лукьяненко». Основные мероприятия по обработке почвы включали глубокую вспашку на глубину 22-24 см. Подготовительные операции перед посевом подразумевали проведение раннего весеннего боронования в два следа и предпосевную сплошную культивацию. Для вариантов среднего и позднего срока посева дополнительно выполнялись соответственно одна и две дополнительные культивации. Сеялки СЗ-5.4 использовались при ширине между рядов 15 и 30 см, тогда как ширина между рядов 45 и 70 см формировалась агрегатом MASCAR FUTURA 12×45 и 8×70 соответственно. Регулировка нормы высева осуществлялась индивидуально для каждого варианта опыта. Обработка между рядов проводилась культиватором КРН-4,2 при появлении сорной растительности.

Исследования продемонстрировали значительную роль погодных условий в опре-

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

делении линейного роста растений сои. Анализируя влияние сроков посева на показатель линейного роста, было установлено преимущество раннего срока посева (5 мая) перед средним (15 мая) и поздним (25 мая). Тем не менее, динамика изменений высоты растений свидетельствует о некотором замедлении роста при увеличении ширины междурядий до 30 см и снижении плотности посева до 0,2-0,4 млн. шт./га, независимо от срока посева. Анализ данных свидетельствует о наличии четкой зависимости между метеорологическими условиями и ростом растений, обусловленной выбранной нормой высева. При ранних сроках посева наибольшая высота растений фиксируется при норме высева 0,6 млн. шт./га, вне зависимости от размера междурядий; наименьший показатель отмечен при норме высева 0,2 млн. шт./га. Значения промежуточного характера свойственны для норм высева 0,4, 0,8 и 1,0 млн. шт./га. Исключительным случаем являются междурядья шириной 70 см, где при норме 0,6 млн. шт./га высота растений оказывается ниже аналогичного показателя при норме 0,4 млн. шт./га. Тенденция заторможенности роста при низких уровнях густоты посева нивелируется при затягивании сроков посева, преимущественно на вариантах с широкой схемой расположения рядов. Лучшую комбинацию параметров демонстрируют ряды шириной 15 и 30 см с соответствующими нормами высева 0,6 и 0,4 млн. шт./га. Эти изменения связаны с усилением конкурентоспособности растений сои против сорняков вследствие увеличения уровня засоренности при низкой норме высева.

Вопрос формирования оптимальных показателей густоты растений в системах севооборота играет ключевую роль в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур, включая озимую пшеницу и сою. Известно, что густота стояния влияет на эффективность использования почвой воды, питательных веществ и света [6]. Нормы высева семян определяются параметрами требуемой густоты насаждения, однако дости-

жение оптимального размещения и равномерного распределения растений зависит непосредственно от избранного способа посева. Лабораторные испытания подтвердили высокий уровень всхожести семян сои (96%), что повлияло на корректировку существующих норм высева для достижения оптимального количества растений. Исходные данные показывают высокую полевую всхожесть, обеспечивающую сохранение не менее 80% растений к моменту уборки урожая на всех исследуемых вариантах эксперимента (рис. 1).

Анализ представленных данных показывает прямую связь между снижением нормы высева и повышением показателя выживаемости растений сои, причём максимум (91,7-94,8%) приходится на минимальные междурядья (15 см). Дальнейшее уменьшение нормы высева приводит к некоторому снижению общего уровня сохранности растений. Подобная тенденция наблюдается и на вариантах с широкорядными схемами посева, хотя разница между вариантами при нормах 0,6 и 0,4 млн. шт./га становится менее очевидной. Предельно низкие и высокие нормы высева (0,2 и 1,0 млн. шт./га) при меньшей густоте дают лучший результат. Вероятно, это вызвано оптимальным размещением растений при норме 0,6 млн. шт./га и преимущественно рядковом способе посева.

Ранние сроки посева способствуют улучшению показателя выживаемости растений, в то время как увеличение ширины междурядий снижает этот показатель, возможно, из-за потерь части растений при механизированных обработках почвы [4]. Таким образом, обобщая результаты, можно констатировать, что сроки, нормы и способы посева оказывают решающее влияние на плотность стеблестоя сои, влияя на изменение доли сохранившихся растений к моменту уборки. Увеличение ширины междурядий и сдвиг сроков посева на более поздний период приводят к уменьшению числа сохранившихся растений. Связь между густотой посева (нормой высева) и

уровнем выживаемости имеет нелинейный характер: первичное снижение нормы высева с 1,0 до 0,6-0,4 млн. шт./га улучшает показатель, а дальнейшее снижение нормы постепенно ухудшает ситуацию.

Соответственно, создать наиболее благоприятные условия для сохранения растений позволяют нормы высева 0,6-0,4 млн. шт./га и использование традиционных рядковых способов посева в ранние или средние сроки. Установлено, что урожайность сельскохозяйственных культур существенно обусловлена площадью питания каждого отдельного растения, зависящей от применяемых норм и способов посева.

Плотность растений в посевах оказывает непосредственное влияние на степень засоренности участка. Оценивая влияние разных сроков, норм и способов посева сои на динамику развития сорных растений, было проведено двукратное определение численности сорняков: первый учёт проводился в фазе начала ветвления растений, второй – в период полной спелости семян сои. Подсчет производился путем измерения числа сорняков на единице площади размером 1 м².

Представленные в таблице 1 данные свидетельствуют о существенном влиянии климатических факторов периодов исследования на численность сорных растений. В рамках проведенного исследования максимальное число сорняков (100,3 шт./м²) зафиксировано перед уборкой на варианте с шириной междурядий 15 см, раннем сроке посева и норме высева 0,2 млн. шт./га.

Проведенный статистический анализ показал, что каждый из рассмотренных агротехнических приемов значительно влиял на динамику появления сорных растений в посевах сои. Установлено, что сдвиг сроков посева на более поздний период привел к снижению интенсивности засорения посевов сои в фазе ветвления, что, вероятно, стало результатом дополнительной сплошной культивации почвы перед посевом. Кроме того, установлен факт прямой зависимости между степенью засоренности посевов и шириной междурядий.

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

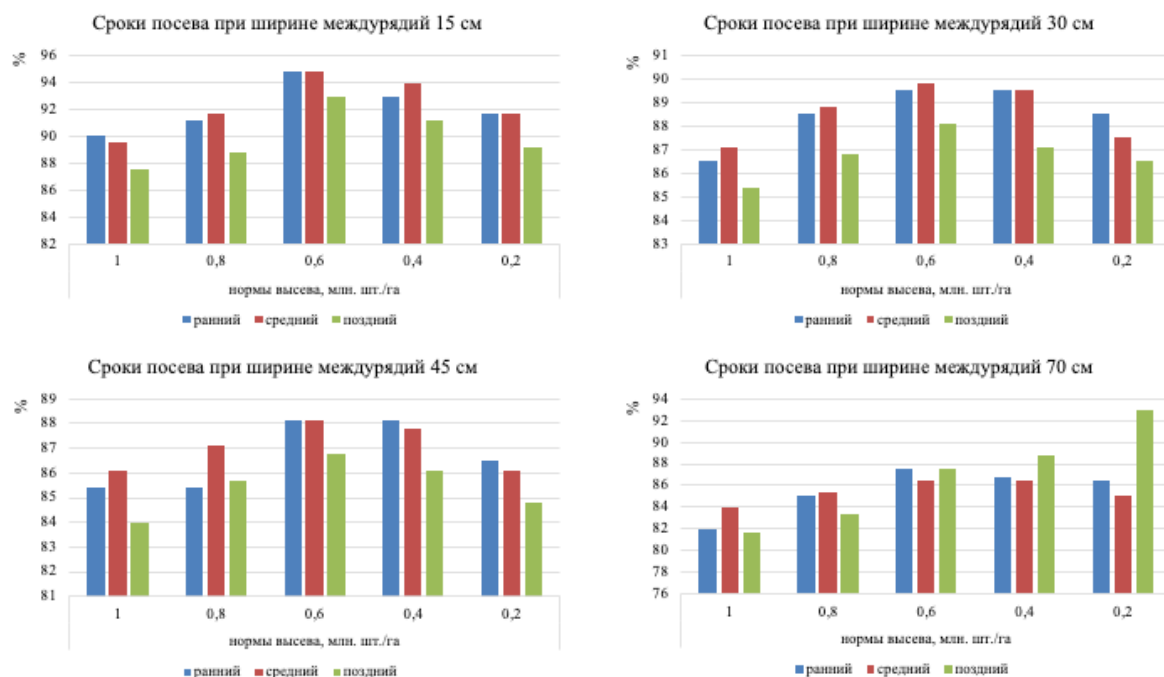


Рис. 1. Влияние сроков, норм и способов посева на сохранность растений сои сорта Славия, % (2023-2024 гг.)

Fig. 1. The influence of timing, rates and methods of sowing on the survival of Slavia soybean plants, % (2023-2024)

Таблица 1. Засоренность посевов сои сорта Славия в опыте (2023-2024 гг.)
Table 1. Weed infestation of Slavia soybean crops in the experiment (2023-2024)

Ширина междурядий, см	Норма посева, млн. шт./га	Количество сорных растений, шт./м ²					
		фаза ветвления			перед уборкой		
		1 срок посева	2 срок посева	3 срок посева	1 срок посева	2 срок посева	3 срок посева
15	1,0	16,7	10,8	5,9	26,6	17,7	12,8
	0,8	20,7	15,7	7,8	28,5	20,7	16,7
	0,6	23,6	18,7	8,8	32,5	26,6	20,7
	0,4	31,5	28,5	24,6	53,1	43,3	37,4
	0,2	47,2	36,4	28,5	100,3	90,5	57,0
30	1,0	22,6	17,7	1,0	36,4	34,4	36,4
	0,8	28,5	23,6	0,8	42,3	32,5	43,3
	0,6	30,5	26,6	0,6	55,0	37,4	38,4
	0,4	41,3	37,4	0,4	59,9	55,0	46,2
	0,2	61,9	52,1	0,2	76,7	77,7	59,9
45	1,0	41,3	40,3	1,0	30,5	24,6	5,9
	0,8	45,2	41,3	0,8	34,4	26,6	7,8
	0,6	49,0	38,4	0,6	28,5	17,7	6,9
	0,4	67,8	45,2	0,4	36,4	22,6	10,8
	0,2	75,7	54,0	0,2	55,0	37,4	15,7
70	1,0	40,3	38,6	1,0	32,5	30,5	6,9
	0,8	48,2	44,3	0,8	33,5	34,4	8,8
	0,6	55,0	47,2	0,6	38,4	29,5	9,8
	0,4	66,8	50,0	0,4	51,1	38,4	11,8
	0,2	76,7	64,8	0,2	73,8	53,1	13,8

Увеличение расстояния между рядами сопровождалось увеличением численности сорных растений. Эта зависимость наглядно подтвердилась результатами проведенных опытов в исследуемые периоды. Участки с междурядьями 15 и 30 см последовательно демонстрировали указанную

тенденцию на всех стадиях вегетационного периода. В отличие от них на полях с увеличенными расстояниями между рядами (45 и 70 см) численность сорных растений снизилась к фазе полного созревания семян, что объясняется выполнением соответствующих мер по уходу за междурядьями

ями. Отмеченная ранее связь снижения густоты стеблестоя от 1,0 до 0,2 млн. шт./га и резкого увеличения числа сорняков (примерно в 2-3 раза) подтвердилась на всех исследованных комбинациях сроков посева и ширины междурядий и была стабильна в течение всего периода исследований. Этот эффект оставался неизменным даже на полях с широкорядным посевом, несмотря на проведенную обработку междурядий.

Каких-либо специфичных изменений видового состава сорных растений относительно сроков, норм и способов посева сои отмечено не было. Среди доминирующих

видов сорных растений выделялись щетинник сизый, марь белая, щирица запрокинутая, вьюнок полевой и другие виды. Важным фактором формирования урожайности семян сои выступает динамика накопления биомассы в течение вегетационного цикла (табл. 2). Следует учитывать специфику биологии конкретных видов растений, особенности взаимоотношений внутри фитоценоза и внешние природные факторы. На начальном этапе вегетации растения сои отличаются слабым развитием корневой системы и незначительной площадью листовой поверхности [16].

Таблица 2. Динамика накопления надземной массы сои сорта Славия, ц/га (2023-2024 гг.)

Table 2. Dynamics of accumulation of aboveground mass of Slavia soybean variety, c/ha (2023-2024)

Ширина междурядий, см	Норма высева, млн. шт./га	Даты определения (1 срок посева)						Даты определения (2 срок посева)						Даты определения (3 срок посева)					
		12.06	01.07	19.07	06.08	24.08	перед уборки	22.06	12.07	31.07	17.08	04.09	перед уборки	27.06	16.07	05.08	24.08	13.09	перед уборки
15	1,0	38,7	59,6	65,3	85,8	109,7	115,6	34,2	49,7	63,4	79,2	90,8	102,0	35,6	42,1	58,7	76,0	87,4	103,1
	0,8	31,4	48,6	55,5	72,2	89,2	103,1	30,2	41,4	56,6	74,9	89,4	99,5	29,0	38,8	48,2	66,7	79,8	93,8
	0,6	24,6	40,4	43,7	80,4	103,4	110,7	24,7	42,7	58,1	80,5	91,9	104,8	22,8	29,8	53,9	70,6	87,1	96,2
	0,4	18,6	24,4	27,6	48,7	63,9	68,7	18,9	27,9	36,6	51,5	63,5	69,0	16,5	19,3	34,4	43,9	52,4	63,8
	0,2	7,9	13,1	13,9	23,7	31,5	33,5	8,0	13,5	18,2	24,9	31,9	35,3	7,9	9,5	16,3	22,9	26,0	31,5
30	1,0	37,4	50,8	61,6	83,2	94,4	108,5	32,1	48,5	61,7	77,6	89,6	100,2	32,8	41,7	56,6	72,3	84,8	103,6
	0,8	31,1	42,9	53,8	74,9	90,2	101,4	28,8	41,5	54,0	66,2	87,8	96,9	24,2	32,6	50,9	75,9	92,5	107,8
	0,6	25,0	36,4	42,2	73,2	90,4	98,1	23,5	40,6	62,2	77,3	89,8	96,3	19,1	28,5	46,3	59,5	71,7	89,9
	0,4	16,0	24,2	28,9	49,8	59,7	67,3	15,5	25,3	41,6	51,8	60,0	64,8	13,5	18,7	31,4	40,7	49,3	65,1
	0,2	9,4	11,8	13,9	23,8	28,2	31,9	8,1	12,8	20,7	25,5	29,8	32,1	7,8	9,8	16,3	20,7	22,9	28,8
45	1,0	39,3	51,8	61,7	85,3	100,1	110,3	33,6	48,7	61,3	76,8	89,3	106,4	32,9	40,9	51,8	69,6	88,7	105,4
	0,8	34,0	41,3	53,8	74,0	94,9	104,1	31,8	40,5	48,3	69,5	86,9	98,0	26,9	36,7	60,6	65,9	77,7	93,9
	0,6	30,1	35,9	43,1	75,3	89,8	95,8	25,7	31,6	46,9	68,4	78,7	85,0	23,6	27,8	47,3	54,9	66,4	72,1
	0,4	19,6	23,5	29,8	53,1	60,5	65,5	17,4	23,4	35,8	48,6	56,3	62,6	15,9	18,8	30,2	43,4	51,6	58,8
	0,2	9,5	11,4	15,4	25,9	30,5	33,8	8,1	11,6	18,8	21,7	24,6	28,5	7,8	9,1	13,9	20,9	24,2	27,9
70	1,0	32,3	52,1	68,2	76,7	81,3	98,6	30,9	50,2	62,3	71,8	84,3	95,7	37,8	43,6	54,1	61,9	79,3	90,9
	0,8	31,0	43,8	55,4	76,6	90,5	97,4	26,0	43,3	63,0	69,1	81,9	94,9	24,2	33,4	46,6	62,7	75,1	88,6
	0,6	25,6	33,9	42,2	67,6	76,9	84,9	23,9	35,8	51,9	61,1	67,9	83,6	20,0	25,4	34,6	41,4	49,3	64,9
	0,4	17,6	22,1	31,1	46,6	52,3	58,3	16,1	23,2	35,7	41,5	47,9	56,1	13,2	17,1	24,0	34,2	41,8	48,3
	0,2	9,7	11,7	15,2	22,1	24,6	27,9	8,1	13,5	17,0	19,5	22,1	26,2	7,0	9,2	12,4	17,3	20,8	24,0

Наши наблюдения подтверждают, что формирование сухой массы растений сои аналогично процессу линейного роста и находится под значительным воздействием метеорологических условий. Масса сухого вещества одного растения варьировала в пределах от 9,09 до 18,45 г.

Ранние сроки посева показали себя предпочтительными в плане накопления биомассы. Отличительная особенность заключается в том, что дифференциация вариантов по данному признаку проявляется преимущественно во второй половине вегетационного периода при раннем посеве в

отличие от среднего и позднего сроков посева, где эта разница фиксируется уже на начальном этапе развития растений.

Полученные данные свидетельствуют о значительно более высоких темпах накопления биомассы на вариантах с повышенной нормой высева (0,6-1,0 млн. шт./га) относительно пониженной (0,2-0,4 млн. шт./га); разница между последними двумя показателями практически отсутствует. Однако наблюдается выраженное отставание варианта с нормой высева 0,6 млн. шт./га по объему общего сухого вещества к концу вегетации: оно проявляется при

позднем сроке посева с междурядьями 30 см, а также при средних и поздних сроках посева с междурядьями 45 см и сохраняется на всех временных интервалах при междурядьях 70 см.

Одним из ключевых индикаторов, позволяющих оценить биологическую производительность сельскохозяйственного поля, служит объем органической массы, формируемой корнями растений. В свою очередь, объем корневой системы непосредственно влияет на плодородие почвы [2; 12]. Поэтому параллельно оценке наземной биомассы нами измерялись сухие корни растений сои. При этом вариант с междурядьями шириной 15 см демонстрирует максимальное значение массы корневой системы за исключением сочетания нормы высева 1,0 млн. шт./га и ширины междурядий 45 см. При раннем посеве в рядовом варианте и ширине междурядий 70 см наблюдается прирост массы корней отдельного растения при последовательном снижении нормы высева от 1,0 до 0,6 млн. шт./га, однако дальнейшее сокращение нормы до 0,2 млн. шт./га снова вызывает снижение данного параметра. Рядовой способ посева при норме высева 0,8 млн. шт./га позволяет достичь максимальной суммарной массы корней на одном гектаре. Ширококорядные посевы демонстрируют устойчивое падение общего объема корневых масс при понижении нормы высева, хотя в расчете на одно растение подобные различия практически нивелированы, особенно при

среднем и позднем сроках посева. Следовательно, оптимальным режимом для эффективного наращивания корневой биомассы сои является сочетание ранних сроков посева с нормой высева 1,0 млн. шт./га при ширококорядном способе и той же нормы высева 0,8 млн. шт./га при рядовом посеве.

Фундаментальным фактором для успешного роста и развития растений выступают агрофизические характеристики почвы, которые находятся в тесной двусторонней связи с особенностями выращиваемых культур. Почва оказывает определяющее влияние на развитие воздушно-тепловой, микробиологической, окислительно-восстановительной, пищевой и иных функций почвы [5, 17]. Для выявления эффекта возделывания сои на структурно-агрегатный состав образцы почвы собирались на трех нормативных уровнях высева (1,0; 0,6 и 0,2 млн. шт./га) при рядовом способе посева 15 см и ширине междурядий 45 см (табл. 3.).

Таблица наглядно демонстрирует, как различные способы и нормы посева влияют на структурно-агрегатный состав почвы. Наиболее благоприятным оказался рядовой посев с нормой 0,6 млн. шт./га. Он способствует формированию лучшей структуры почвы по сравнению с посевами, которые были либо слишком плотными, либо, наоборот, слишком редкими. Это связано с тем, что при оптимальной густоте посева сои образуется наибольший объем биомассы.

Таблица 3. Влияние норм и способов посева сои сорта Славия на структурно-агрегатный состав почвы (2023-2024 гг.)

Table 3. The influence of rates and methods of sowing Slavia soybeans on the structural and aggregate composition of the soil (2023-2024)

Вариант		Размеры агрегатов, мм, содержание, %					Кс	
ширина междурядий, см	нормы высева, млн. шт./га	отбор проб	> 10	10-0,25	5-3	3-1		<0,25
15	1,0	сплошной	16,6	66,0	30,4	15,5	17,4	1,94
	0,6	сплошной	11,5	71,5	37,5	15,3	17,0	2,51
	0,2	сплошной	18,8	59,4	24,0	12,1	21,8	1,46
45	1,0	в рядках	11,6	77,9	28,9	13,1	10,5	3,52
		в междурядьях	17,7	70,0	22,1	10,8	22,3	1,50
	0,6	в рядках	13,3	72,9	25,4	14,3	13,8	2,69
		в междурядьях	18,6	58,7	25,0	10,9	22,7	1,42
	0,2	в рядках	10,8	70,3	22,0	13,4	18,9	2,37
		в междурядьях	18,1	58,0	24,2	9,5	23,9	1,38

Примечание: Кс - коэффициент структурности

Применение широкорядного способа посева дало иной результат: структура почвы в рядах заметно превосходит аналогичные показатели в междурядьях по таким критериям, как содержание полезных структурных частиц и индекс структурности. Междурядные механические обработки приводят к разрушению важных структурных единиц почвы, в первую очередь фракций диаметром 0,5-1,0 мм. Снижение нормы высева неизменно вызывает ухудшение качественных характеристик структуры почвы.

Основные компоненты структуры, играющие важную роль в формировании урожайности сои, включали такие параметры, как число растений на 1 м², среднее количество стеблей на одно растение, количество бобов, семян и их весовые характеристики, а также средняя масса 1000 семян.

Структура растений сои подвергалась детальному исследованию, результаты которого позволяют сделать вывод о воздействии технологических приёмов возделывания на отдельные составляющие структуры. Погодные условия 2023-2024 годов оказали неоднозначное воздействие на качественные составляющие урожайности сои. Зафиксировали высокие средние значения по основным параметрам: количество бобов на растении варьировалось в диапазоне от 8,2 до 36,8, число семян – от 7,3 до 37,9, а масса 1000 семян находилась в пределах 212-276 г. Эти факторы в совокупности обеспечили получение довольно высоких урожаев.

Установлено, что ранний срок посева является оптимальным для формирования структуры урожая. При переходе к среднему и позднему срокам наблюдается закономерное снижение показателей структуры. В отношении массы семян с одного растения анализ не выявил значимых различий между нормами высева 1,0 и 0,8 млн. шт./га, независимо от срока посева. Однако уменьшение нормы высева оказывает чёткое положительное влияние на массу семян с растения.

Статистический анализ собранных материалов подтвердил статистическую значимость эффекта нормы высева на массу 1000 семян. При сопоставлении влияния разных способов посева на структуру урожая установлено, что изменения коснулись лишь количества стеблей на одно растение и числа растений на единицу площади, остальные компоненты урожайности остались стабильными. Расширение междурядий с 15 до 70 см вызвало пропорциональное снижение общей урожайности с единицы площади, несмотря на сохранение индивидуальной продуктивности растений. Результаты исследования показали, что наибольшая урожайность сои достигается при использовании рядовых способов посева. Кроме того, было подтверждено, что ранний посев, умеренная норма высева и узкое междурядье способствуют улучшению качественных показателей урожая.

Согласно результатам наших опытов, итоговая урожайность сои значительно варьируется в зависимости от используемых технологий и климатических условий. В течение вегетационного периода (май-сентябрь 2023-2024 гг.) среднее количество атмосферных осадков составило примерно 394,3 мм, и такой уровень влажности способствовал формированию урожайности в пределах 1,11-3,79 т/га. Было отмечено, что сдвиг сроков посева на вторую половину мая неизменно снижал урожайность, поскольку недостаток влаги угнетал развитие растений.

Заключение. Исследования на выщелоченных черноземах показали, что для получения высококачественных семян сои к середине сентября оптимальным является рядовой посев с междурядьями 15 см. При раннем и среднем сроках посева рекомендуется норма высева 0,6 млн. раст./га, а при позднем – 0,4 млн. раст./га. Такая густота растений обеспечивает оптимальное развитие. Снижение нормы высева ниже 0,6 млн. раст./га приводит к увеличению сорняков из-за недостаточной сомкнутости посевов. Ранний посев с нормой 1,0 млн. раст./га стимулирует рост корневой массы. Однако снижение нормы до

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

0,6 млн. раст./га при раннем посеве повышает урожайность семян, тогда как дальнейшее уменьшение до 0,2 млн. раст./га снижает урожай семян. Наиболее выгодным вариан-

том признан ранний рядовой посев (15 см междурядья) с нормой 0,6 млн. раст./га, обеспечивший урожайность 3,79 т/га и рентабельность 76,5%.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The author declares no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балакай Г.Т., Юркова Р.Е., Докучаева Л.М. Формирование урожайности сортов сои различных групп спелости под влиянием способов посева и норм высева // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 2. С. 198-211.
2. Богомолова Ю.А., Саков А.П., Ивенин А.В. Влияние обработки почвы и удобрений на изменения ее агрофизических свойств и урожайность сои в звене зернового севооборота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. Т. 64, № 3. С. 62-69.
3. Бутовец Е.С., Лукьянчук Л.М. Адаптационные показатели перспективных сортов сои в условиях юга Дальнего Востока // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2024. Т. 185, № 4. С. 47-58.
4. Бушнев А.С. Влияние обработки почвы на её агрофизические свойства, засорённость посевов и урожайность сои на чернозёме выщелоченном Западного Предкавказья // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2016. № 3 (167). С. 39-47.
5. Бушнев А.С. Влияние способов основной обработки почвы на продуктивность звена зернопропашного севооборота рапс озимый - пшеница озимая // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2011. № 1 (146/147). С. 77-82.
6. Горковенко Л.Г., Ригер А.Н. Возделывание сои и озимой пшеницы в специализированном севообороте по производству фуражного зерна / Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. 2012. Т. 1, № 1. С. 80-86.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
8. Зотиков В.И., Вилюнов С.Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25, № 4. С. 381-387.
9. Качмар О.И., Вавринович О.В., Щерба М.М. Продуктивность короткоротационных севооборотов в зависимости от систем удобрения // Вестник БГСХА. 2021. № 2. С. 88-93.
10. Котлярова О.Г., Лактионов П.А. Урожайность и симбиотическая активность сои в зависимости от способов посева, норм высева и уровня минерального питания // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 5. С. 44-45.
11. Мамсиров Н.И., Хатков К.Х., Макаров А.А. Влияние способов основной обработки почвы на продуктивность различных звеньев зернопропашного севооборота // Новые технологии. 2020. Т. 15, № 4. С. 103-109.
12. Сабитов М.М. Влияние различных типов севооборотов на основные параметры плодородия продуктивность зерновых культур // Агромир Поволжья, 2021. № 1 (33). С. 12-18.
13. Тедеева В.В., Абаев А.А., Тедеева А.А. Продуктивность сортов сои в зависимости от агротехнических приемов // Вестник КрасГАУ. 2023. № 9 (198). С. 17-24.
14. Тишков Н.М., Бушнев А.С. Урожайность масличных культур в зависимости от систем основной обработки почвы в севообороте // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2012. № 2 (151-152). С. 121-126.

15. Тишков Н.М., Махонин В.Л., Носов В.В. Урожайность и качество урожая сои в зависимости от способов и доз применения удобрений // Масличные культуры. 2021. № 4 (180). С. 53-70.
16. Хатков К.Х., Мамсиров Н.И. Влияние элементов агротехники на урожайность сои на легких черноземах Адыгеи // Новые технологии. 2018. № 4. С. 236-242.
17. Хатков К.Х., Мамсиров Н.И. Действие минеральных удобрений и способов основной обработки почвы на продуктивность новых перспективных сортов сои // Новые технологии. 2020. Т. 16, № 5. С. 87-94.
18. Храмой В.К., Сихарулидзе Т.Д., Рахимова О.В. Обоснование оптимального срока посева сои в условиях Центрального района Нечерноземной зоны // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3 (43). С. 98-102.

REFERENCES

1. Balakai, G.T., Yurkova, R.E., Dokuchaeva, L.M. Yield formation of soybean varieties of different maturity groups under the influence of sowing methods and seeding rates // Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. Vol. 13, Issue 2. P. 198-211. [In Russ.]
2. Bogomolova, Yu.A., Sakov, A.P., Ivenin, A.V. The effect of soil tillage and fertilizers on changes in its agrophysical properties and soybean yield in a grain crop rotation link // Agrarian Science of the Euro-North-East. 2018. Vol. 64, Issue 3. P. 62-69. [In Russ.]
3. Butovets, E.S., Lukyanchuk, L.M. Adaptation indicators of promising soybean varieties in the conditions of the southern Far East // Works on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2024. Vol. 185, Issue 4. P. 47-58. [In Russ.]
4. Bushnev, A.S. Effect of soil cultivation on its agrophysical properties, weed infestation of crops and soybean yield on leached chernozem of the Western Ciscaucasia // Oilseed crops. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseed Crops. 2016. Issue 3 (167). P. 39-47. [In Russ.]
5. Bushnev, A.S. Effect of primary soil cultivation methods on the productivity of the winter rape - winter wheat grain-row crop rotation link // Oilseed crops. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseed Crops. 2011. Issue 1 (146/147). P. 77-82. [In Russ.]
6. Gorkovenko, L.G., Rieger, A.N. Cultivation of soybeans and winter wheat in a specialized crop rotation for feed grain production / Collection of scientific papers of the North Caucasus Research Institute of Animal Husbandry. 2012. Vol. 1. Issue 1. P. 80-86. [In Russ.]
7. Dospekhov, B.A. Field Experiment Methodology. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. [In Russ.]
8. Zotikov, V.I., Vilyunov, S.D. Modern breeding of legumes and cereal crops in Russia // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2021. Vol. 25. Issue 4. P. 381-387. [In Russ.]
9. Kachmar, O.I., Vavrivovich, O.V., Shcherba, M.M. Productivity of short-rotation crop rotations depending on fertilization systems // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2021. Issue 2. P. 88-93. [In Russ.]
10. Kotlyarova, O.G., Laktionov, P.A. Yield and symbiotic activity of soybeans depending on sowing methods, seeding rates and mineral nutrition level // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2010. Issue 5. P. 44-45. [In Russ.]
11. Mamsirov, N.I., Khatkov, K.Kh., Makarov, A.A. The Impact of primary tillage methods on the productivity of different links of a grain-row crop rotation // New Technologies. 2020. Vol. 15. Issue 4. P. 103-109. [In Russ.]
12. Sabitov, M.M. The impact of different types of crop rotations on the main fertility parameters and productivity of grain crops // Agromir Povolzhya, 2021. Issue 1 (33). P. 12-18. [In Russ.]
13. Tedeeva, V.V., Abaev, A.A., Tedeeva, A.A. Productivity of soybean varieties depending on agrotechnical practices // Bulletin of KrasSAU. 2023. Issue 9 (198). P. 17-24. [In Russ.]
14. Tishkov, N.M., Bushnev, A.S. Oilseed crop yield depending on primary tillage systems in crop rotation // Oilseed crops. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseed Crops. 2012. Issue 2 (151-152). P. 121-126. [In Russ.]

15. Tishkov, N.M., Makhonin, V.L., Nosov, V.V. Soybean yield and quality depending on fertilizer application methods and rates // Oilseed crops. 2021. Issue 4 (180). P. 53-70. [In Russ.]
16. Khatkov, K.Kh., Mamsirov, N.I. Influence of agricultural practices on soybean yield on drained chernozems of Adygea // New technologies. 2018. Issue 4. P. 236-242. [In Russ.]
17. Khatkov, K.Kh., Mamsirov, N.I. Effect of mineral fertilizers and primary tillage methods on the productivity of new promising soybean varieties // New technologies. 2020. Vol. 16. Issue 5. P. 87-94. [In Russ.]
18. Khramov, V.K., Sikharulidze, T.D., Rakhimova, O.V. Justification of the optimal sowing time for soybeans in the Central region of the Non-Chernozem zone // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018. Issue 3 (43). P. 98-102. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the author

Мешлок Ислам Асланбиевич, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191

Islam A. Meshlok, Postgraduate student, Maykop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St.

Поступила в редакцию 19.09.2025
Поступила после рецензирования 27.10.2025
Принята к публикации 29.10.2025

Received 19.09.2025
Revised 27.10.2025
Accepted 29.10.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-183-193>

УДК 633.11"324": [631.559:631.51] (470.62)



Урожайность сортов пшеницы озимой при различных приемах обработки почвы в условиях центральной зоны Краснодарского края

Н.Н. Нецадим✉^{1,2}, А.А. Квашин¹, Н.И. Мамсиров²,
А.В. Коваль¹, М.М. Сазоненко¹

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И Т. Трубилина»;
г. Краснодар, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»;
г. Майкоп, Российская Федерация,
✉neshhadim.n@kubsau.ru

Аннотация. Введение. Значительная часть урожая озимой пшеницы идет на хлебопекарные цели и используется в животноводстве. На Кубани пшеница выращивается на площади 1,6 миллионов гектаров. Россия занимает второе место в мире по экспорту зерна, и доля её составляет до 13% от мирового экспорта. Важным фактором при выращивании озимой пшеницы является подбор адаптивных новых сортов, приемов подготовки почвы, способствующих снижению денежных затрат. То есть изучение комплекса факторов, направленных на разработку энергосберегающих технологий для перспективных сортов озимой пшеницы, остается актуальным. **Цель исследования.** Определить в комплексном изучении приемов подготовки почвы в сочетании с сортами пшеницы озимой для получения гарантированного урожая в условиях Западного Предкавказья. **Результаты.** Установлено, что применение комбинированной (поверхностной) обработки почвы способствует формированию более развитой листовой поверхности по сравнению с традиционной вспашкой, и эти различия статистически достоверны. Применение комбинированной обработки почвы оказывает положительное влияние на формирование фотосинтетического потенциала посевов сортов озимой пшеницы на всех этапах органогенеза. Исследование урожайности озимой пшеницы за три года показало, что как сорт, так и способ основной обработки почвы, существенно влияют на результат. Комбинированная обработка почвы оказалась эффективнее традиционной вспашки для всех исследованных сортов. Наибольший прирост урожайности (0,8 т/га) был отмечен у сорта Еланчик при использовании комбинированной обработки по сравнению с отвальной вспашкой. **Заключение.** Анализ эффективности различных приемов обработки почвы (традиционная вспашка и комбинированная) показал, что в среднем за три года исследований установлено повышение урожайности у всех сортов озимой пшеницы при поверхностной комбинированной обработке почвы.

Ключевые слова: пшеница озимая, сорт, обработка почвы, вспашка, комбинированная обработка, ростовые процессы, листовая поверхность, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность, доли взаимодействия

Для цитирования: Нецадим Н.Н., Квашин А.А., Мамсиров Н.И., Коваль А.В., Сазоненко М.М. Урожайность сортов пшеницы озимой при различных приемах обработки почвы в условиях центральной зоны Краснодарского края. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 183-193. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-183-194>

Yield of winter wheat varieties under different soil tillage practices in the Central zone of the Krasnodar Territory

N.N. Neshchadim^{1,2}, A.A. Kvashin¹, N.I. Mamsirov²,
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,
✉neshhadim.n@kubsau.ru

Abstract. Introduction. A significant portion of the winter wheat harvest is used for bread production and in livestock farming. In the Kuban region, wheat is cultivated on an area of 1.6 million hectares. Russia ranks second in the world in grain exports, accounting for up to 13% of global exports. An important factor in winter wheat cultivation is the selection of adaptive new varieties and soil preparation techniques that reduce production costs. Thus, the study of factors aimed at developing energy-saving technologies for promising winter wheat varieties remains relevant. **The goal of the research was** to determine, through a comprehensive investigation, the effectiveness of soil preparation practices combined with winter wheat varieties in order to obtain stable yields under the conditions of the Western Ciscaucasia. **The results.** It was found that the use of combined (surface) tillage promotes the formation of a more developed leaf surface compared to traditional plowing, and these differences were statistically significant. The application of combined tillage positively influenced the development of the photosynthetic potential of winter wheat varieties at all stages of organogenesis. The three-year study on winter wheat yield demonstrated that both the variety and method of primary soil tillage significantly affected the results. Combined soil cultivation proved to be more effective than traditional plowing for all studied varieties. The highest increase in yield (0.8 t/ha) was observed with the *Elanchik* variety when using combined treatment compared to moldboard ploughing. **Conclusion.** Analysis of different soil tillage practices (traditional plowing and combined tillage) showed that, on average over three years of research, an increase in yield was observed for all winter wheat varieties under surface combined tillage.

Keywords: winter wheat, variety, soil cultivation, plowing, combined tillage, growth processes, leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthesis productivity, crop yield, interaction ratios

For citation: Neshchadim N.N., Kvashin A.A., Mamsirov N.I., Koval A.V., Sazonenko M.M. Yield of winter wheat varieties under different soil tillage practices in the Central zone of the Krasnodar Territory. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 183-193. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-183-193>

Введение. В современном аграрном производстве механическая обработка почвы при возделывании культур остается наиболее востребованным и одновременно дискуссионным элементом технологии. Проведение обработки должно учитывать как биологические, так и агротехнические особенности озимой пшеницы, а также комплексное воздействие на последующие звенья севооборота [8, 9, 11]. Исследования подтверждают, что создание оптимальных условий для роста и развития озимой пшеницы во многом определяется характером

и глубиной основной обработки почвы, зависящих от типа механического воздействия, оказываемого рабочими органами сельскохозяйственных агрегатов [5].

Особое значение имеют физические характеристики почвы, прежде всего плотность, формирующаяся в процессе механического воздействия. Оптимальные значения плотности обеспечивают благоприятные условия водно-воздушного и питательного режимов, что способствует активному росту растений [2, 5]. Ряд исследований показывает, что плотность почвы в пределах

1,2-1,3 г/см³ является оптимальной для нормального протекания физиологических процессов озимых культур [4].

Плотность почвы напрямую влияет на полевую всхожесть и густоту стояния растений, определяя их последующую продуктивность. Повышение урожайности невозможно без совершенствования технологий обработки почвы, поскольку они регулируют влагу, воздух и температуру в пахотном слое, активизируют микробиологические процессы и повышают показатели плодородия, что в конечном итоге увеличивает урожайность [3, 6].

Однако результаты исследований ученых неоднозначны. Одни авторы не отмечают положительного эффекта от замены традиционной вспашки на минимальные технологии, другие фиксируют снижение урожайности озимой пшеницы при переходе на поверхностную обработку. В то же время имеются данные, подтверждающие повышение урожайности при отказе от отвальной обработки [1, 3, 14].

Система обработки почвы является ключевым элементом агротехники, формирующим совокупность условий для роста растений и урожайности. Эффективность ее воздействия оценивается через физиолого-биометрические параметры, включая фитометрические показатели и чистую продуктивность фотосинтеза.

Отвальная обработка способствует образованию рыхлого, хорошо аэрируемого слоя, уничтожает сорняки и равномерно заделывает пожнивные остатки [1, 15], создавая благоприятные условия для прорастания семян. Минимальные технологии направлены на сохранение влаги и предотвращение эрозии. При длительном использовании они улучшают структуру и биологическую активность почвы за счёт накопления органического вещества [7].

При поверхностной обработке почвы отмечается более быстрое нарастание листовой массы растений в ранние фазы по сравнению с No-Till [1]. По данным Ничипоровича (1982), увеличение площади листьев

до определённого оптимума повышает продуктивность посевов, однако чрезмерное её развитие вызывает взаимное затенение [12].

Можно заключить, что урожайность выступает как показатель взаимодействия системы обработки. Оптимальная технология должна обеспечивать баланс между размерами листовой поверхности и эффективностью ее работы на протяжении всего периода вегетации.

Многочисленные исследования подтверждают, что универсальной системы обработки не существует. Ее эффективность зависит от почвенно-климатических условий, особенностей культуры и предшественников. В зонах достаточного увлажнения отвальная обработка способствует максимальной продуктивности за счет развития мощного листового аппарата, тогда как в засушливых регионах минимальные технологии обеспечивают устойчивость урожая путем сохранения влаги и поддержания площади листовой поверхности в критические фазы развития [1, 10, 13].

Выбор технологии обработки почвы должен базироваться на комплексной оценке биологических особенностей сорта, почвенно-климатических условий и экономических факторов. В условиях Западного Предкавказья особую актуальность приобретают исследования, направленные на обоснование ресурсосберегающих, адаптивных систем обработки почвы, обеспечивающих высокую эффективность производства озимой пшеницы.

Цель исследования. Целью эксперимента было установить влияние различных приемов обработки почвы на урожайность и динамику ростовых процессов сортов озимой пшеницы.

Методы исследования. В качестве объекта исследования использовались пять сортов озимой пшеницы, выведенных в Национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко (г. Краснодар). Эксперимент проводился в условиях центральной зоны Краснодарского края (АО Фирма «Агрокомплекс» им. Н.И. Ткачева)

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

Опыт закладывался по схеме двухфакторного опыта.

Фактор А – прием предпосевной обработки почвы;

Фактор В – сорт пшеницы озимой.

Предшественником в опыте была кукуруза, возделываемая на зерно. Посев осуществляли при оптимальных для региона сроках с нормой высева – 4,5 млн всхожих семян на 1 га. Опыт закладывали в четырёхкратной повторности; площадь делянки составляла 60 × 22 м.

После уборки кукурузы проводили двукратное дисковое лущение на глубину 8 см, потом вносили минеральное удобрение – аммофос в дозе 80 кг/га.

В варианте «Вспашка» выполняли отвальную вспашку на глубину 20-22 см с последующим дисковым рыхлением на 6-8 см. В варианте «Комбинированная обработка» применяли двукратное дисковое лущение до 8 см, обеспечивающее тщательное измельчение растительных остатков и формирование мелкокомковатой структуры пахотного слоя.

В эксперименте определяли:

Площадь листовой поверхности определяли расчётным методом – путём умножения длины листа на его ширину и введения поправочного коэффициента.

Фотосинтетический потенциал (ФП) вычисляли по формуле, предложенной А.А. Ничипоровичем:

– чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывали по уравнению Кидда, Веста и Бриггса;

– урожайность определяли путем прямого комбинирования поделяночно.

Результаты опытов подвергались дисперсионному и регрессионному анализу с использованием специализированного программного обеспечения STATISTIKA, что позволило оценить достоверность различий и установить характер взаимосвязей между исследуемыми показателями.

Результаты. Анализ полученных данных показывает, что величина листовой по-

верхности озимой пшеницы существенно варьировала как в зависимости от фазы развития растений, так и от приема основной обработки почвы и сортовых особенностей (табл.1).

Таблица 1. Динамика площади листьев по сортам пшеницы озимой при различных приемах подготовки почвы, тыс. м² / га (среднее 2023-2025 гг.)

Table 1. Dynamics of leaf area in winter wheat varieties under different soil preparation techniques, thousand m²/ha (average 2023-2025)

Прием обработки почвы (фактор А)	Сорт (фактор В)	Кущение (весна)	Колошение	Молочная спелость
Вспашка (контроль)	Алексейч	17,7	63,4	20,4
	Таня	17,2	64,4	20,9
	Агрофак 100	16,6	64,0	20,3
	Классика	55,0	66,1	22,0
	Еланчик	18,8	67,3	22,3
Комбинированный (поверхностный)	Алексейч	20,1	70,3	22,6
	Таня	19,4	69,6	22,7
	Агрофак 100	18,0	66,3	21,2
	Классика	20,8	69,2	22,4
	Еланчик	21,4	70,5	23,1

В начальный период вегетации наблюдалась сравнительно невысокая площадь листовой поверхности у всех сортов, что характерно для данного этапа развития. При традиционной вспашке значения варьировали от 16,6 тыс. м²/га у сорта *Агрофак 100* до 18,8 тыс. м²/га у сорта *Еланчик*. На вариантах с комбинированной (поверхностной) обработкой показатели были выше, что свидетельствует о более активном росте листьев при меньшем нарушении структуры почвы и лучшей влагообеспеченности верхнего слоя.

Наиболее интенсивное развитие листовой поверхности отмечено в фазу колошения, когда растения достигают максимального фотосинтетического потенциала. При традиционной вспашке площадь листьев увеличивалась до 63,4-67,3 тыс. м²/га в зависимости от сорта, тогда как при комбинированной обработке значения были значительно выше – 66-70 тыс. м²/га. Максимальное значение зафиксировано у сорта *Еланчик* (70 тыс. м²/га), что указывает на его высокую адаптивность к поверхност-

ной обработке и способность формировать мощный листовой аппарат.

К фазе молочной спелости наблюдалось закономерное снижение площади листовой поверхности вследствие естественного отмирания нижних листьев и перераспределения пластических веществ в колос. При этом сохранялось преимущество вариантов с комбинированной обработкой.

В целом результаты трехлетнего опыта свидетельствуют, что применение комбинированной (поверхностной) обработки почвы способствует формированию более развитой листовой поверхности по сравнению с традиционной вспашкой. Эта закономерность проявляется на всех этапах органогенеза и особенно заметна в фазе колошения. Среди изученных сортов наиболее высокой стабильностью формирования листового аппарата отличался сорт Еланчик, что позволяет рекомендовать его для возделывания при ресурсосберегающих технологиях обработки почвы.

Между площадью листовой поверхности и урожайностью озимой пшеницы прослеживается тесная положительная корреляция, что подтверждается как расчётами фотосинтетического потенциала (ФП), так и показателями чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). Сохранение функциональной активности листьев до поздних фаз вегетации (колошение – молочная спелость) отражается в повышенном уровне ассимиляционного потока. Нами установлено, что оптимизация приёмов обработки почвы не только влияет на морфогенез растений, но и является фактором, определяющим продуктивность посевов.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ выявил достоверное влияние как приема основной обработки почвы (фактор А), так и генотипа сорта (фактор В) на формирование площади листьев озимой пшеницы в критическую фазу колошения.

Нами установлено, что комбинированная обработка обеспечила статистически существенное увеличение площади листьев по сравнению с традиционной отвальной

вспашкой. Так, в среднем по сортам, значение данного признака при комбинированной обработке составило 72 тыс. м²/га, что на 3,4 тыс. м²/га (или 4,9%) превышает показатель при вспашке. Различие между средними значениями по фактору А является математически достоверным (табл. 2).

Анализ сортовых особенностей показал значительную вариабельность площади листьев. Наибольшей фотосинтетической поверхностью в фазу колошения характеризовались сорта Еланчик и Классик. Важным результатом исследования является выявление достоверного взаимодействия между факторами обработки почвы и сорта (НСР₀₅ для средних АВ = 6,36).

Формирование площади листьев озимой пшеницы в фазе колошения является сортоспецифическим признаком и в значительной степени зависит от технологии обработки почвы. Комбинированная обработка является более эффективным агроприемом, способствующим увеличению площади ассимиляционной поверхности.

Увеличение площади листьев при комбинированной обработке почвы обеспечивает более полное использование солнечной радиации, способствует усилению фотосинтетической активности и накоплению сухого вещества в надземной биомассе.

Анализ динамики фотосинтетического потенциала (ФП) посевов озимой пшеницы за межфазные периоды вегетации выявил существенное влияние как генотипического фактора (сорт), так и применяемого приема основной обработки почвы. Во всех вариантах комбинированная (поверхностная) обработка почвы обеспечила более высокие значения ФП по сравнению с традиционной отвальной вспашкой (табл. 3).

Наибольшая абсолютная величина ФП была отмечена у сорта Еланчик на комбинированном фоне, что на 17,8% больше, чем у этого же сорта на вспашке. Ранжирование сортов по суммарной продуктивности фотосинтетического аппарата на обоих фонах обработки было сходным. Период «трубкавание-колошение», характерный для сорта Еланчик, отмечен новыми технологиями / New Technologies, 2025; 21 (4)

теризовался наибольшей интенсивностью накопления ФП и максимальным разрывом между вариантами обработки. Комбинированная обработка обеспечила резкое увеличение ФП, особенно у сорта Еланчик, и прирост составил 243 тыс. м²/га × сутки. Это указывает на создание более благоприятных условий для функционирования ассимиляционного аппарата в этот период развития.

чик, и прирост составил 243 тыс. м²/га × сутки. Это указывает на создание более благоприятных условий для функционирования ассимиляционного аппарата в этот период развития.

Таблица 2. Изменение площади листьев по сортам пшеницы озимой при различных приемах подготовки почвы, тыс. м² / га (2024 г, фаза колошения)

Table 2. Change in leaf area by winter wheat varieties under different soil preparation techniques, thousand m²/ha (2024, heading phase)

Прием обработки (фактор А)	Сорт (фактор В)					Среднее А (НСР=4,80)
	1	2	3	4	5	
Вспашка (к)	68,0	69,3	68,3	70,3	70,3	69,2
Комбинированный	73,1	73,1	70,1	72,7	74,1	72,6
Среднее В - НСР=3,73	70,6	71,2	69,2	71,5	72,2	Хер.=70,9

Для средних АВ НСР=6,36

Примечание: 1 – Алексеич; 2 – Тая; 3 – Агрофак 100; 4 – Классика; 5 – Еланчик

Таблица 3. Динамика фотосинтетического потенциала сортов пшеницы озимой при различных приемах подготовки почвы, тыс. м²/га. × сутки (2024 г.)

Table 3. Dynamics of photosynthetic potential of winter wheat varieties under different soil preparation methods, thousand m²/ha. × day (2024)

Прием обработки почвы (фактор А)	Сорт (фактор В)	Межфазный период			
		1	2	3	4
Вспашка	Алексеич	710,5	1103,8	840,7	2655,0
	Тая	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
	Тая	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

Примечание: 1 – Кушение (весна) – трубкавание; 2 – Трубкавание – колошение; 3 – Колошение – молочная спелость; 4 – Кушение (весна) – молочная спелость

Результаты наших исследований доказали, что показатель чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) существенно варьировал в зависимости от способа основной обработки почвы, сортовых особенностей и фазы онтогенеза растений озимой пшеницы.

На раннем этапе вегетации наблюдалось относительно невысокое значение ЧПФ, что обусловлено ограниченной ассимиляционной поверхностью и медленным нарастанием биомассы. При вспашке показатели изменялись от 4,74 до 5,80 г/тыс. м²×сут, тогда как при комбинированной (поверхностной) обработке – от 4,90 до 6,42 г/тыс. м²×сут (табл. 4).

Таблица 4. Изменение показателя чистой продуктивности фотосинтеза при различных приемах подготовки почвы, г / тыс. м² × сутки (2024 г.)

Table 4. Change in the net productivity of photosynthetic activity under different soil preparation techniques, g/thousand m² × day (2024)

Прием обработки почвы (фактор А)	Сорт (фактор В)	Межфазный период			
		1	2	3	4
Вспашка(к)	Алексеич	4,83	5,80	4,34	14,97
	Тая	4,74	4,92	4,05	13,71
	Агрофак 100	4,80	4,90	4,11	13,81
	Классика	5,57	6,03	5,13	16,73
	Еланчик	5,80	6,11	5,21	17,12
Комбинированный (поверхностный)	Алексеич	5,01	6,00	4,90	15,91
	Тая	4,90	5,43	4,28	14,61
	Агрофак 100	5,03	5,44	4,37	14,84
	Классика	6,11	6,45	6,90	19,46
	Еланчик	6,42	6,51	7,40	20,33

В период «трубкование-колошение» отмечено дальнейшее увеличение показателя ЧПФ у всех сортов, что связано с формированием максимальной листовой поверхности и активным накоплением сухого вещества. При традиционной вспашке значения составили 4,90-6,11 г/тыс. м²×сут, при комбинированной обработке – 5,43–6,51 г/тыс. м²×сут. Максимальные значения ЧПФ зарегистрированы у сортов Классика и Еланчик.

К периоду наливания зерна (фаза колошение – молочная спелость) наблюдается закономерное снижение ЧПФ, связанное с физиологическим старением листьев и снижением их фотосинтетической активности.

В ходе эксперимента установлено, что комбинированная (поверхностная) обработка почвы способствует повышению эффективности фотосинтеза озимой пшеницы за счет улучшения агрофизических свойств верхнего слоя почвы, сохранения влаги и более активного функционирования листового аппарата. Полученные данные свидетельствуют о влиянии способа основной обработки почвы на интенсивность фотосинтетической деятельности посевов озимой пшеницы. Поверхностная (комбинированная) обработка способствовала более высокому уровню чистой продуктивности фотосинтеза по сравнению с традиционной вспашкой, что связано с улучшением влагообеспеченности и сохранением оптимальной структуры верхнего слоя почвы. Установленная зависимость между показателями ЧПФ и площадью листовой поверхности подтверждает прямую корреляцию между фотосинтетическим потенциалом и уровнем урожайности. Чем выше чистая продуктивность фотосинтеза, тем больше запасается сухого вещества, обеспечивающего формирование колоса и налив зерна. Применение комбинированной обработки почвы способствует не только экономии энергетических ресурсов, но и повышению биологической продуктивности посевов, что делает данный прием перспективным элементом адап-

тивно-ландшафтной системы земледелия южных регионов России.

Анализ данных по урожайности зерна сортов озимой пшеницы за три года исследований подтвердил достоверное влияние как фактора (сорт), так и применяемого приема основной обработки почвы.

При комбинированной обработке установлено преимущество над традиционной отвальной вспашкой на всех изучаемых сортах. В среднем по сортам, использование комбинированной обработки обеспечило прибавку урожая. Максимальный абсолютный прирост урожайности был зафиксирован у сорта Еланчик, где разница между приемами обработки составила 0,8 т/га (рис. 1).

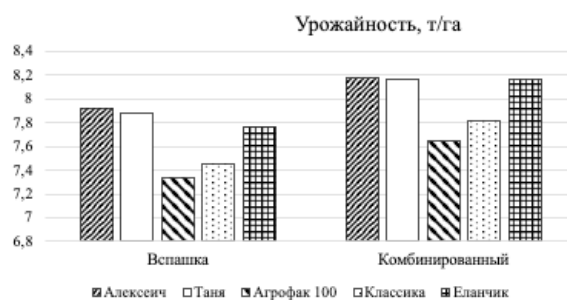


Рис. 1. Урожайность зерна сортов пшеницы озимой при различных приемах подготовки почвы, т/га (среднее 2023-2025 гг.)

Fig. 1. Grain yield of winter wheat varieties under different soil preparation methods, t/ha (average 2023-2025)

Данная закономерность согласуется с ранее установленными более высокими показателями площади листьев и фотосинтетического потенциала на данном агрофоне, что в конечном итоге и трансформировалось в увеличение продуктивности.

Результаты трехлетних исследований позволили установить, что максимальная урожайность озимой пшеницы обеспечивается при сочетании интенсивных сортов (Еланчик и Классика) с ресурсосберегающей комбинированной обработкой почвы. Данный агроприем способствует более полной реализации продуктивного потенциала современных сортов, что подтверждается комплексом физиологических показателей и конечной урожайностью. Сорт

Агрофак 100 уступил другим изучаемым генотипам по продуктивности и показал меньшую реакцию на изм.

В условиях 2025 года факторы оказали практически одинаковое влияние на урожайность (рис. 2). В то же время доля фактора Z составила 14,9 %, что отражает влияние неконтролируемых или внешних условий (в первую очередь метеорологических).

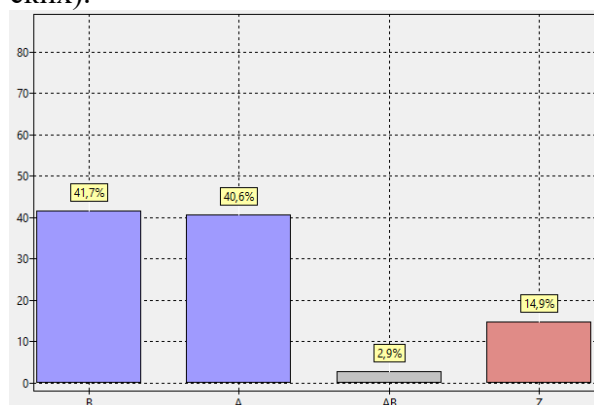


Рис. 2. Доли влияния факторов на урожайность сортов пшеницы озимой, % (2025 г.)

Fig. 2. Shares of influence of factors on the yield of winter wheat varieties, % (2025)

Примечание: фактор А-прием обработки почвы; фактор В- сорт.

Следует отметить, что лето 2025 г. характеризовалось повышенными температурами, что могло ограничивать продуктивность растений и усиливать различия между сортами по устойчивости к жаре и засухе. В таких условиях значение сорта как фактора, определяющего урожайность, закономерно возрастает, а эффективность обработки почвы становится зависимой от способности сохранять влагу и улучшать микроклимат корнеобитаемого слоя.

Заключение. Результаты трехлетнего опыта свидетельствуют, что применение комбинированной (поверхностной) обработки почвы способствует формированию более развитой листовой поверхности по сравнению с традиционной вспашкой и эти различия статистически достоверны. Это преимущество проявляется на всех этапах органогенеза и особенно заметно в фазу колошения. Среди изученных сортов наиболее высокой стабильностью формирования листового аппарата при ресурсосберегающих технологиях обработки почвы.

Полученные данные свидетельствуют о достоверном влиянии способа основной обработки почвы на интенсивность фотосинтетической деятельности посевов озимой пшеницы. Поверхностная (комбинированная) обработка способствовала более высокому уровню чистой продуктивности фотосинтеза по сравнению с традиционной вспашкой, что связано с улучшением влагообеспеченности и сохранением оптимальной структуры верхнего слоя почвы. Повышенные значения ЧПФ у сортов Классика и Еланчик указывают на их высокую физиологическую активность. Установленная зависимость между показателями ЧПФ и площадью листовой поверхности подтверждает прямую корреляцию между фотосинтетическим потенциалом и уровнем урожайности.

Максимальная урожайность озимой пшеницы обеспечивается при сочетании интенсивных сортов (Еланчик, Классика) с ресурсосберегающей комбинированной обработкой почв, и эти различия математически достоверны с другими вариантами опыта.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зауральев В.В. Динамика фитометрических показателей и продуктивность фотосинтеза посевов ячменя в зависимости от фона питания и обработки почвы // Агрехимия. 2004. № 3. С. 41-47.

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

2. Влияние подготовки почвы и внесения аммофоса на урожайность и структуру урожая сортов озимой пшеницы / Капралов С.П. [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 107. С. 87-96.

3. Капралов С.П., Нецадим Н.Н., Коваль А.В. Урожайность сортов озимой пшеницы в условиях различных агротехнологиях // Точки научного роста: на старте десятилетия науки и технологии: материалы ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2022г. Краснодар, 2023. С. 23-25.

4. 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.

5. Коваль А.В. Влияние различных агротехнологий на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы сорта бригады в условиях Западного Предкавказья // Статья в открытом архиве № 82886 23.12.2021.

6. Коваль А.В. Изменение агрофизических показателей в зависимости от приема обработки почвы в условиях Западного Предкавказья // Статья в открытом архиве № 10.13140 / RG.2.2.27581.79845. 2021. 14 с.

7. Кузнецов А.В. Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного при длительном применении различных способов обработки // Почвоведение. 2012. № 4. С. 498-505.

8. Логойда Т.В., Нецадим Н.Н., Осипова А.Г. Роль агротехнологий в формировании продуктивности озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 191. С. 138-145.

9. Влияние агротехнологий на качество зерна озимой пшеницы и содержание тяжелых металлов в условиях Западного Предкавказья / Логойда Т.В. [и др.] // Экологический Вестник Северного Кавказа. 2024. Т. 20, № 2. С. 35-41.

10. Мамсиров Н.И., Макаров А.А. Взаимосвязь способов обработки почвы и агрофизических свойств слитых черноземов // Актуальные вопросы науки и образования. 2021. № 1. С. 70-77.

11. Нецадим Н.Н., Квашин А.А., Горпинченко К.Н. Урожайность и экономическая эффективность выращивания сортов озимой пшеницы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 107. С. 126-132.

12. Ничипорович А.А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений // Физиология фотосинтеза. М.: Наука, 1982. С. 7-33.

13. Тютюнов С.И., Солнцев П.И., Хорошилова Ю.В. Влияние приемов основной обработки почвы, удобрений и средств защиты растений на продуктивность озимой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 5. С. 18-23.

14. Шеуджен А.Х., Нецадим Н.Н., Онищенко Л.М. Органическое вещество почвы и его экологические функции. Краснодар, 2011. 113 с.

15. Effect of tillage, rotation and crop residues on wheat crop productivity, fertilizer nitrogen and water use efficiency and soil organic carbon status in dry area (rainfed) of north-west Pakistan / Moham-madl W. [et al.] // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2012. No. 12 (4). P.715-727.

REFERENCES

1. Zaural'ev V.V. Dynamics of phytometric parameters and photosynthetic productivity of barley crops depending on the nutrition background and soil cultivation // Agrochemistry. 2004. Issue 3. P. 41-47. [In Russ.]

2. The effect of soil preparation and ammophos application on the yield and yield structure of winter wheat varieties / Kapralov S.P. [et al.] // Transactions of the Kuban State Agrarian University. 2023. Issue 107. P. 87-96. [In Russ.]

3. Kapralov, S.P., Neshchadim, N.N., Koval, A.V. Yield of winter wheat varieties under various agricultural technologies // Points of scientific growth: at the start of the decade of science and technology: materials of the annual Scientific and practical conference of teachers on the results of R&D for 2022. Krasnodar, 2023. Pp. 23-25. [In Russ.]

4. 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 // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2024. Issue 112. P. 105-112. [In Russ.]
5. Koval, A.V. The influence of various agricultural technologies on the productivity and grain quality of *Brigada* winter wheat variety in the conditions of the Western Ciscaucasia // Article in the open archive No. 82886 12/23/2021. [In Russ.]
6. Koval, A.V. Changes in agrophysical indicators depending on the method of soil cultivation in the conditions of the Western Ciscaucasia // Article in the open archive No. 10.13140 / RG.2.2.27581.79845. 2021. 14 p. [In Russ.]
7. Kuznetsov, A.V. Changes in the agrophysical properties of leached chernozem with long-term use of various processing methods // Soil Science. 2012. Issue 4. P. 498-505. [In Russ.]
8. Logoida, T.V., Neshchadim, N.N., Osipova, A.G. The role of agricultural technologies in shaping the productivity of winter wheat // Polythematic online electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2023. Issue 191. P. 138-145. [In Russ.]
9. The influence of agricultural technologies on the quality of winter wheat grain and the content of heavy metals in the conditions of the Western Ciscaucasia / Logoida T.V. [et al.] // Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2024. Vol. 20, Issue 2. P. 35-41. [In Russ.]
10. Mamsirov, N.I., Makarov, A.A. Relationship between soil tillage methods and agrophysical properties of melted chernozems // Current Issues in Science and Education. 2021. Issue 1. P. 70-77. [In Russ.]
11. Neshchadim, N.N., Kvashin, A.A., Gorpichenko, K.N. Productivity and economic efficiency of growing winter wheat varieties // Transactions of the Kuban State Agrarian University. 2023. Issue 107. P. 126-132. [In Russ.]
12. Nichiporovich, A.A. Physiology of photosynthesis and plant productivity // Physiology of Photosynthesis. Moscow: Nauka, 1982. P. 7-33. [In Russ.]
13. Tyutyunov, S.I., Solntsev, P.I., Khoroshilova, Yu.V. Effect of primary tillage techniques, fertilizers, and plant protection products on winter wheat productivity // Achievements of science and technology in the agro-industrial complex. 2020. Vol. 34. Issue 5. P. 18-23. [In Russ.]
14. Sheudzhen, A.Kh., Neshchadim, N.N., Onishchenko, L.M. Soil organic matter and its ecological functions. Krasnodar, 2011. 113 p. [In Russ.]
15. Effect of tillage, rotation, and crop residues on wheat crop productivity, fertilizer nitrogen and water use efficiency, and soil organic carbon status in dry area (rainfed) of northwest Pakistan / Moham-mad W. [et al.] // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2012. No. 12 (4). pp. 715-727.

Информация об авторах / Information about the authors

Нешадим Николай Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, 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, ORCID: 0000-0002-5113-7651, email: neshhadim.n@kubsau.ru

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

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: 0000-0003-4581-5505, e-mail: nur.urup@mail.ru

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

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: 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

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., ORCID: 0000-0002-5113-7651, e-mail: neshhadim.n@kubsau.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

Nurbiy 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: 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: 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

Нещадим Николай Николаевич – разработка методики исследования, валидация данных.
Квашин Александр Алексеевич, Мамсиров Нурбий Ильясевич – проведение эксперимента, сбор данных.

Коваль Александра Викторовна – оформление статьи по требованиям журнала.

Сазоненко Максим Михайлович – подбор литературных источников.

Claimed contribution of the authors

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

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

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

Maxim M. Sazonenko – literature review.

Поступила в редакцию 30.10.2025

Поступила после рецензирования 02.12.2025

Принята к публикации 03.12.2025

Received 30.10.2025

Revised 02.12.2025

Accepted 03.12.2025

Обзорная статья / Review article

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-194-205>
УДК 631.524.85



Теоретическое обоснование адаптации возделывания сельскохозяйственных культур к аридизации климата

И.С. Полетаев✉, А.В. Летучий, В.И. Губов, А.В. Хадькин

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»;
г. Саратов, Российская федерация
✉poletaevilja@mail.ru*

Аннотация. Введение. В работе представлен комплексный обзор современных подходов и технологий адаптации растениеводства к развивающемуся процессу аридизации климата. Проведён детальный анализ ключевых факторов: дефицит водных ресурсов, повышение температуры воздуха, увеличение проявления экстремальных погодных явлений и деградация почв. На основе анализа научных разработок Российских учёных описаны агротехнологические, селекционно-генетические, мелиоративные и агроэкологические методы повышения устойчивости и продуктивности агроценозов в засушливых условиях. **Цель исследования.** Провести комплексный анализ современных исследований и разработок российских учёных в области технологий адаптации растениеводства к условиям нарастающей аридизации климата, а также оценить перспективы их масштабирования. **Объекты и методы исследования.** Объектом исследования являются системы адаптации сельскохозяйственного производства к аридизации климата. Методы: систематический поиск литературы, анализ, синтез. **Результаты и обсуждение.** Изучение технологий, применяемых в различных регионах нашей страны, показало, что успешная адаптация ведения сельского хозяйства возможна только при комплексном переходе к адаптивно-ландшафтному, ресурсосберегающему земледелию, интегрирующему в себе почвозащитные технологии как основы для влагонакопления, борьбы с эрозией и сохранения почвенного плодородия, применение современных районированных засухо- и жароустойчивых сортов и гибридов, созданных с использованием современных методов селекции, модернизации мелиорации почв перехода на технологии капельного орошения, а также цифровые системы управления поливом, модернизацию систем защитного лесоразведения и внедрение технологий точного земледелия для управления неоднородностью полей и экономии ресурсов. **Заключение.** Только применение комплексного, научно обоснованного и адаптивного подхода, базирующегося на мощном заделе отечественной аграрной науки, позволит не только смягчить последствия аридизации климата, но и превратить вызов в возможность для развития устойчивого и конкурентоспособного сельского хозяйства России, гарантируя её продовольственную безопасность в XXI веке.

Ключевые слова: аридизация климата, адаптация растениеводства, засухоустойчивость, нулевая обработка почвы, минимальная обработка, точное земледелие, мелиорация, сельское хозяйство, агротехнологии, сельское хозяйство, климат, погодные условия

Для цитирования: Полетаев И.С., Летучий А.В., Губов В.И., Хадькин А.В.

Теоретическое обоснование адаптации возделывания сельскохозяйственных культур к аридизации климата. *Новые технологии / New technologies.* 2025; 21(4): 194-205. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-194-205>

Theoretical justification for adapting crop cultivation to climate aridization

I.S. Poletaev✉, A.V. Letuchii, V.I. Gubov, A.V. Khadykin

*N.I. Vavilov Saratov State University of Genetics, Biotechnology, and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov; the Russian Federation,
✉poletaevilja@mail.ru*

Abstract. Introduction. The article presents a comprehensive review of modern approaches and technologies for adapting crop production to the evolving process of climate aridization. A detailed analysis of key factors has been provided: water shortages, rising air temperatures, increased occurrence of extreme weather events, and soil degradation. Based on the analysis of scientific research by Russian scientists, agrotechnological, selection-genetic, melioration, and agroecological methods for increasing the resilience and productivity of agrocenoses in arid conditions are described. **The goal of the research** was to conduct a comprehensive analysis of current research and developments by Russian scientists in the field of crop production adaptation technologies to increasingly arid climate conditions and to assess the prospects for scaling them up. **The objects and methods of the research.** The object of the research was systems for adapting agricultural production to climate aridization. **The methods** used are systematic literature search, analysis, and synthesis. **The results and discussion.** A study of technologies used in various regions of our country has shown that successful adaptation of agriculture is possible with a comprehensive transition to adaptive-landscape, resource-saving agriculture, integrating soil-conserving technologies as the basis for moisture accumulation, erosion control, and soil fertility preservation, the use of modern regionalized drought- and heat-resistant varieties and hybrids created using modern breeding methods, modernization of soil reclamation, the transition to drip irrigation technologies, as well as digital irrigation management systems, the modernization of protective afforestation systems, and the introduction of precision farming technologies to manage field heterogeneity and conserve resources. **Conclusion.** Only the application of a comprehensive, scientifically based, and adaptive approach, based on the strong foundation of domestic agricultural science, will not only mitigate the effects of climate aridization but also transform this challenge into an opportunity for the development of sustainable and competitive agriculture in Russia, guaranteeing its food security in the 21st century.

Keywords: climate aridization, crop production adaptation, drought tolerance, no-tillage, minimum tillage, precision farming, land reclamation, agriculture, agricultural technologies, agriculture, climate, weather conditions

For citation: Poletaev I.S., Letuchiy A.V., Gubov V.I., Khadykin A.V. Theoretical justification for adapting crop cultivation to climate aridization. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 194-205. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-194-205>

Введение. Аридизация климата – это комплекс процессов, приводящих к уменьшению степени увлажнения территорий, который вызывает сокращение биологической продуктивности экосистем, характеризующийся устойчивым ростом среднегодовых температур, уменьшением количества осадков и характера их выпадения, учащением проявлений экстремальных погодных явлений. Для сельского хозяйства России, особенно в регионах, традиционно относимых к зонам рискованного земледелия, к которым относится и Приволжский

федеральный округ, данный процесс представляет собой важную проблему, угрожающую стабильности агропромышленного комплекса [12, с. 84], [20, с. 154].

Согласно прогнозам Росгидромета и научных учреждений РАН, к середине XXI века площадь засушливых территорий в России может увеличиться на 25-30%. В группу высокого риска попадают основные сельскохозяйственные территории: Поволжье, Предкавказье, Южный Урал и юг Западной Сибири. Аридизация климата выражается в увеличении испаряемости на 15-20%, сниже-

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

нии продуктивной влагообеспеченности почв на 20-30% и учащении лет с проявлением засух до 2-3 раз в десятилетие. Подобные изменения ставят перед аграрной наукой, образованием и практикой важную задачу по фундаментальной перестройке систем земледелия с адаптацией их к меняющимся условиям [22, с. 8].

Цель исследования. Провести комплексный анализ современных исследований и разработок российских учёных в области технологий адаптации растениеводства к условиям нарастающей аридизации климата, а также оценить перспективы их масштабирования.

Объекты и методы. Для обеспечения полноты, воспроизводимости и достоверности результатов данного исследования был применен систематический подход к поиску, отбору и анализу релевантных научных публикаций. Методологическая структура исследования включала в себя поиск релевантных публикаций в электронной базе данных eLibrary с использованием комбинации ключевых слов и тематических дескрипторов: аридизация, растениеводство, мелиорация. Период поиска охватывал публикации за 2010-2024 гг. Дополнительно был применен метод "снежного кома" через анализ библиографических ссылок в отобранных публикациях.

Анализ включал данные из рецензируемых научных журналов, диссертационных исследований и монографий. Географический фокус исследования охватывал Саратовскую область, другие регионы Поволжья, а также территории со схожими почвенно-климатическими условиями.

Результаты и обсуждение. Воздействие аридизации на агроценозы является многофакторным и синергетическим, что приводит к комплексному стрессу для растений и почвенной биоты и, как следствие, ухудшению агрофизических свойств почвы.

Основным и наиболее значимым лимитирующим фактором становится дефицит доступной влаги в корнеобитаемом слое

почвы. Как подробно описывают исследователи из ФГБОУ ВО Воронежского ГАУ и ФГБОУ ВО Вавиловский университет, даже кратковременный недостаток влаги в критические фенологические фазы приводит к необратимому снижению продуктивности. На клеточном уровне нарушается тургор, закрываются устьица, что резко сокращает интенсивность фотосинтеза и транспирации. Происходит перераспределение ассимилятов от генеративных органов к корневой системе, что в конечном итоге приводит к снижению урожайности и качества получаемой [27, с. 39], [28, с. 73].

Повышение среднесуточных и максимальных дневных температур воздуха усиливает негативное воздействие засухи. По данным учёных из РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, при температуре выше +30°C у большинства зерновых культур наблюдается стерильность пыльцы, нарушение процессов оплодотворения и формирования зерновки. Сочетание отсутствия осадков с высокими температурами воздуха является наиболее критическим фактором, который способен привести к потерям урожая на 50-70% даже у относительно устойчивых культур [7, с. 68], [13, с. 63].

Аридные территории в результате угнетения растительности в большей степени подвергаются процессам деградации земель. Угнетение растительного покрова, разрушение почвенной структуры и увеличение скорости ветра приводят к резкому усилению проявлений водной и ветровой эрозии. Исследования, проведенные в ВНИИЗХ и ВНИАЛМИ, показывают, что в Поволжье и на Дону ежегодные потери почвы на склоновых землях без противоэрозионных мероприятий могут достигать 15-20 т/га [15, с. 160], [4, с. 25].

В свою очередь ускоренная минерализация органического вещества при высоких температурах и недостатке влаги приводит к быстрому истощению гумуса. По данным Почвенного института им. В.В. Докучаева, в южных черноземах за послед-

ние 20-30 лет потери гумуса составили 15-20%, что напрямую коррелирует с падением водоудерживающей способности почв на 25-30%. В условиях усиленного испарения с поверхности и подъема минерализованных грунтовых вод происходит вынос солей в верхние горизонты почвы, что особенно актуально для орошаемых территорий Нижнего Поволжья и Ставрополья [23, с. 299].

При разработке стратегии адаптации технологий большое внимание уделяется агротехнологическим методам, направленным в первую очередь на накопление и сбережение почвенной влаги, что выражается в изменении коэффициента водопотребления культур.

Важным направлением в регулировании водного режима территорий и интенсивности проявления эрозии является почвозащитное и ресурсосберегающее земледелие. Отказ от отвальной вспашки в пользу безотвальных, минимальных и нулевых технологий требует научного обоснования и грамотного применения в зависимости от территории ведения сельского хозяйства и почвенно-климатических условий.

В засушливых районах с преобладанием осадков в осенне-зимний период и засушливым летом хорошо показывают себя обработки почвы с использованием безотвальных орудий и глубоких рыхлителей. По данным ряда ученых, в метровом слое почвы на варианте со вспашкой влаги накапливается больше, чем на варианте с минимальной обработкой почвы, на 54,0 мм, или на 36,7 % [5, с. 23].

В исследованиях Денисова Е.П. и др. показано, что за пятилетний период формирование весенних запасов верхнего полуметрового слоя в одинаковой мере зависело от обработки почвы. В сухие годы обработка почвы в большей мере влияла на запасы влаги. Во влажные годы это различие сглаживалось. Запасы влаги в почве в слое 0-0,5 м после вспашки составляли 77,0 мм. На варианте с минимальной обработ-

кой почвы количество влаги в первом полуметровом слое было 69,5 мм [6, с. 13].

Применение минимальной обработки почвы с использованием культиваторов-плоскорезов или чизельных орудий является компромиссным решением для хозяйств, располагающихся в зоне достаточного увлажнения с гидротермическим коэффициентом более единицы, но ещё не готовых технически перейти на нулевые технологии. Исследования Самарского НИИСХ, Калининградского НИИСХ и ФГБНУ «ФАНЦ Юго-востока» показали, что мелкая обработка (12-14 см) в сочетании с мульчированием стерней способствует накоплению влаги и повышению урожайности яровой пшеницы на 15-20% в засушливые годы по сравнению со вспашкой [10, с. 165].

Многочисленные долгосрочные эксперименты, проведенные в Ставропольском ГАУ и Красноярском НИИСХ, однозначно доказывают эффективность технологии прямого посева. По данным ученых за 10 лет применения No-Till запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к севу яровых культур стабильно на 35-40% выше, чем на отвальном фоне. Инфильтрационная способность почвы увеличивается в 2,5-3 раза, что практически полностью исключает сток талых вод и водную эрозию. Присутствие постоянного слоя мульчи из растительных остатков (не менее 30-40% покрытия поверхности) резко снижает испарение и подавляет сорняки.

При долгосрочном использовании технологии прямого посева отмечается увеличение водопрочности почвы, при возделывании озимой пшеницы до 70,5 % соответственно против 66,9 % в варианте с традиционной технологией. К полной спелости водопрочность почвы во всех вариантах снижается при сохранении преимущества прямого посева над традиционной технологией. При посеве озимой пшеницы без обработки почвы в фазе весеннего кущения в метровом слое почвы продуктивной влаги содержалось на 21 мм или на 14,7 %

больше, чем по традиционной технологии. Такая прибавка влаги существенна и математически доказуема. Эта закономерность наблюдается во все годы исследований. При этом урожайность озимой пшеницы при прямом посеве составляла 4,36 т/га соответственно, в то время как при традиционной технологии по чистому пару – 3,68 т/га [25, с. 33], [3, с. 15].

В условиях аридизации необходим пересмотр структуры посевных площадей. В работах ученых дается обоснование необходимости увеличения доли засухоустойчивых культур: нута (до 15-20% в структуре), сорго (зернового, сахарного, веничного), проса, чечевицы, рыжика. Эти культуры не только дают стабильную урожайность в засушливые годы, но и улучшают физическое состояние почвы. Также необходимо менять подход к чистым парам: несмотря на то, что чистый пар наиболее эффективно накапливает влагу, в аридных условиях он неприемлем из-за усиления эрозии и минерализации гумуса. Альтернативу представляет сидеральный пар. По данным ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», озимые тритикале и рожь, донник и эспарцет песчаный максимально обогащали почву органическим веществом – 5,52-5,88 т/га. Донник и эспарцет накопили в биомассе соответственно 156 и 142 кг/га азота, рожь – 37 фосфора, озимая злаково-бобовая смесь (тритикале, рожь, вика) – 148 кг/га калия. Исследования, проведенные в ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук», показали, что в паровом поле отмечаются наибольшие потери плодородия земли из-за эрозионных процессов, особенно когда оно отводится под посев яровой пшеницы. Почвозащитный и сидеральный пары в определенной степени компенсируют этот недостаток. За период содержания чистого пара в слое 0-150 см накапливается 430 кг/га азота, а при применении минеральных удобрений в дозе N 40 P 80 это содержание увеличива-

ется до 689 кг/га. Пар, занятый донником или горчичной белой, накапливает до 150-200 мм продуктивной влаги, одновременно обогащая почву органическим азотом и улучшая её структуру, обеспечивая прибавку урожая последующей озимой пшеницы на 3-5 ц/га [26, с. 22], [21, с. 68].

В условиях дефицита влаги роль органики как влагоудерживающего компонента критически важна. Исследования Центрально-Чернозёмного НИИ земледелия показывают, что внесение органических удобрений в норме 20-40 т/га под основную обработку повышает влагоудерживающую способность почвы на 15-20%.

Новым подходом к решению экологических проблем является цифровизация, которая позволяет управлять неоднородностью полей и экономить ресурсы. Специалисты РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева разрабатывают системы на основе отечественных датчиков и спутниковых снимков, позволяющие в реальном времени отслеживать влажность почвы и прогнозировать водный стресс. Это позволяет оптимизировать сроки полива и экономить до 20-30% водных ресурсов. Технологии дифференцированного внесения удобрений и средств защиты растений на основе электронных карт урожайности и агрохимического обследования, как показали исследования, снижают материалоемкость производства на 15-25% без потери урожайности, что особенно важно в условиях стресса [2, с. 133], [29].

Создание и внедрение засухо- и жароустойчивых сортов – стратегическое направление долгосрочной адаптации. Ученые из ФНЦ «ВИР им. Н.И. Вавилова» проводят масштабную работу по скринингу мировой коллекции растений-доноров ценных признаков. Выявлены перспективные образцы диких родичей культурных растений (эгилопсы, пыреи) и местных сортов из центров аридизации (Эфиопия, Средняя Азия), обладающие уникальными механизмами устойчивости: глубокой корневой системой, опу-

шенностью листьев, способностью к быстрой репарации ДНК после теплового шока [8, с. 117], [18, с. 43].

В Национальном центре зерна имени П.П. Лукьяненко (Краснодарский край) и ФНЦ «Немчиновка» (Московская область) с помощью методов маркер-вспомогательной селекции (MAS) и геномной селекции созданы новые генотипы озимой и яровой пшеницы. Эти сорта (например, «Гром», «Аскет», «Ермак») сочетают высокую продуктивность с комплексной устойчивостью к засухе, жаре и основным болезням. Они показывают стабильную урожайность в условиях Краснодарского края, Ставрополя и Поволжья даже в экстремально засушливые годы [14, с. 320], [1, с. 80].

В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов требуется кардинальная модернизация мелиоративного комплекса. Сотрудники ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Волгоград) и Кубанского ГАУ доказали его высокую эффективность. Данный метод позволяет подавать воду непосредственно в корневую зону, минимизируя потери на испарение и инфильтрацию. Расход воды снижается на 40-50% по сравнению с дождеванием, а урожайность овощных и плодовых культур увеличивается на 25-80% и улучшается их качество [17, с. 56], [9, с.41].

Наивысшую эффективность демонстрирует не отдельный приём, их интеграция в целостную систему адаптивного агроландшафтного земледелия. Системы ползащитных лесных полос являются каркасом, стабилизирующим микроклимат. По данным многолетних исследований ВНИАЛМИ, правильно спроектированные лесные полосы ажурной и продуваемой конструкции позволяют снизить скорость ветра на 30-40% на защищенной территории, уменьшить испаряемость с поверхности почвы на 20-30%, увеличить запасы влаги в снеге на 15-20% по

сравнению с открытой степью за счёт его равномерного распределения, снизить эрозию почвы в 2-3 раза.

В условиях современной аридизации программы по закладке новых и реконструкции старых лесополос с использованием засухоустойчивых пород акации и дуба приобретают новое стратегическое значение [16, с. 22].

Заключение. Аридизация климата – это масштабный и длительный процесс, игнорирование которого грозит природной катастрофой для сельского хозяйства. Для успешного нивелирования негативных процессов необходимо применение технологий, включающих в себя системные и скоординированные приёмы, применяемые на всех уровнях.

Успешная адаптация ведения сельского хозяйства возможна только при комплексном переходе к адаптивно-ландшафтному, ресурсосберегающему земледелию, интегрирующему в себе почвозащитные технологии как основы для влагонакопления, борьбы с эрозией и сохранения почвенного плодородия, применение современных районированных засухо- и жароустойчивых сортов и гибридов, созданных с использованием современных методов селекции, модернизации мелиорации почв, перехода на технологии капельного орошения, а также цифровые системы управления поливом, модернизацию систем защитного лесоразведения и внедрение технологий точного земледелия для управления неоднородностью полей и экономии ресурсов.

Только такой комплексный, научно обоснованный и адаптивный подход, базирующийся на мощном заделе отечественной аграрной науки, позволит не только смягчить последствия аридизации климата, но и превратить вызов в возможность для развития устойчивого и конкурентоспособного сельского хозяйства России, гарантируя её продовольственную безопасность в XXI веке.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаптивный потенциал фотосинтеза и продукционного процесса у местных форм и сортообразцов гречихи (*Fagopyrum esculentum* Moench) разных периодов селекции / А. В. Амелин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 1. С. 79-88. DOI 10.15389/agrobiology.2016.1.79rus.
2. Астахов В.С., Иванчиков Г.О. Проблемы применения систем точного земледелия при дифференцированном внесении твердых минеральных удобрений и пути их решения // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 133-136.
3. Эффективность применения технологии прямого посева при возделывании полевых культур в засушливой зоне Центрального Предкавказья / И.А. Вольтерс [и др.] // Земледелие. 2020. № 3. С. 14-18. DOI 10.24411/0044-3913-2020-10303.
4. Губарев Д.И., Левицкая Н.Г., Деревягин С.С. Влияние изменений климата на деградацию почв в аридных зонах Поволжья // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28, № 1 (90). С. 20-27. DOI 10.24412/1993-3916-2022-1-20-27.
5. Денисов Е.П., Солодовников А.П., Биктеев Р.К. Эффективность энергосберегающих обработок почвы при возделывании яровой пшеницы // Нива Поволжья. 2011. № 3 (20). С. 21-25.
6. Агрофизические процессы формирования запасов продуктивной влаги в почве / Е.П. Денисов [и др.] // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2014. № 8. С. 10-15.
7. Дзармотов С.И., Боров И.А. Неустойчивая влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в Республике Ингушетия // Известия Дагестанского ГАУ. 2021. № 2 (10). С. 67-69.
8. Направления и результаты селекции тритикале в ФГБНУ «Краснодарский НИИСХ им. П.П. Лукьяненко» / В.Я. Ковтуненко [и др.] // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 66. С. 115-120. DOI 10.21515/1999-1703-66-115-120.
9. Койнова А.Н. Мелиорация как путь к успеху сельского хозяйства // АгроФорум. 2019. № 6. С. 41-43.
10. Корчагин В.А., Горянин О.И. Почвозащитные и влагосберегающие технологии возделывания яровых зерновых культур в черноземной степи Среднего Заволжья // Проблемы аридизации Юго-Востока Европейской части России: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Краснокутской селекционно-опытной станции (Саратов, 29-30 июня 2009 г.). Саратов: НИИСХ Юго-Восток, 2009. С. 154-159.
11. Кретинин В.М. Плодородие лесомелиорированных почв в опытной сети ВНИАЛМИ во второй половине XX века. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 122 с.
12. Ксенофонтов М.Ю., Ползиков Д.А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе // Проблемы прогнозирования. 2020. № 3 (180). С. 82-92.
13. Лебедев В.Е., Амакова Т.В. Роль влажности почвы в развитии сельскохозяйственных культур // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 04-05 марта 2021 г.). Т. I. Молодежный: Иркутский ГАУ им. А.А. Ежовского, 2021. С. 59-65.
14. Леонова И.Н. Молекулярные маркеры: использование в селекции зерновых культур для идентификации, интрогрессии и пирамидирования генов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17, № 2. С. 314-325.
15. Мамбетуллаева С.М., Отенова Ф.Т. Проблемы деградации почв аридных территорий региона Южного Приаралья // Роль вузовской науки в развитии агропромышленного комплекса: материалы Международной научно-практической конференции (Нижний Новгород, 13-15 окт. 2021 г.). Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2021. С. 158-162.
16. Манаенков А.С. Вклад ВНИАЛМИ в развитие лесной науки и решение лесохозяйственных проблем страны // Лесное хозяйство. 2006. № 6. С. 21-22.

17. Проектирование и расчёт систем дождевания и капельного орошения сельскохозяйственных культур: методическое пособие / В.В. Мелихов [и др.]. Волгоград: Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, 2017. 184 с.
18. Новикова Л.Ю., Зуев Е.В. Модельный подход к оптимизации сортимента яровой пшеницы в условиях возрастания частоты засух // V Вавиловская международная конференция: к 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова: тезисы докладов (Санкт-Петербург, 21-25 нояб. 2022 г.). СПб.: Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова, 2022. С. 43-44.
19. Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: материалы докладов участников X научно-практической конференции (Анапа, 03-07 сент. 2018 г.) / под ред. В.Г. Сычева. Анапа: Плодородие, 2018. 244 с. DOI 10.25680/VNIIA.2019.80.42.100.
20. Поварницына А.В., Савин М. И. Влияние изменения климата на мировое сельское хозяйство // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 84-1. С. 152-157. DOI 10.18411/trnio-04-2022-39.
21. Приходько А.В., Черкашина А.В. Эффективность использования сидеральных культур в зернопаровом полевом севообороте // Плодородие. 2024. № 4 (139). С. 68-71. DOI 10.25680/S19948603.2024.139.15.
22. Прокопьев Е.А., Рослякова Н.А. Оценка влияния изменения климата на экономику Севера (обзор литературы) // Управление экономическими системами. 2017. № 10 (104). С. 8.
23. Деградация черноземных почв в агроландшафтах степного Поволжья / В.В. Пронько [и др.] // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири: монография: в 5-ти т. Т. 2. / под ред. В.Г. Сычева, Л. Мюллера. М.: Всероссийский НИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. С. 298-302. DOI 10.25680/2223.2018.91.60.161.
24. Пындак В.И., Борисенко И.Б., Новиков А.Е. Совершенствование системы основной обработки почвы в засушливых условиях // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2 (30). С. 199-204.
25. Влияние приемов основной обработки почвы в севообороте на динамику влажности и агрофизические свойства чернозема выщелоченного / В.Н. Романов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 5. С. 32-34. DOI 10.24411/0235-2451-2018-10508.
26. Сохранение плодородия и защита почвы от эрозии в степной зоне Южного Урала / В.Ю. Скороходов [и др.] // Плодородие. 2021. № 6 (123). С. 22-25. DOI 10.25680/S19948603.2021.123.06. EDN KOXYJB.
27. Соловьев А.Н., Шихова Т.Г. Фенологические реакции биоты востока Русской равнины на погодные аномалии // Экологический мониторинг и моделирование экосистем. 2021. Т. 32, № 1/2. С. 37-55. DOI 10.21513/0207-2564-2021-1-2-37-55.
28. Солодовников А.П., Денисов К.Е., Нейфельд В.В. Агрофизические свойства, влажность почвы и погодные условия как факторы, определяющие урожайность зерна нута в Заволжье // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2024. Т. 16, № 3. С. 70-77. DOI 10.36508/RSATU.2024.40.15.010.
29. Технологии точного орошения разрабатывают эксперты Тимирязевки по заданию Минсельхоза РФ [Электронный ресурс]. URL: https://www.agroxxi.ru/selhoztehnika/novosti/tehnologii-tochnogo-orosheniya-razrabatyvayut-yeksperty-timirjzevki-po-zadaniyu-minselhozarf.html?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (Дата обращения: 19.09.2025).
30. Хаджиди А.Е., Чижевская Н.А. Развитие мелиоративного комплекса в Краснодарском крае на рисовых оросительных системах // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: материалы XIII Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Ульяновского ГАУ (Ульяновск, 23 июня 2023 г.). Ульяновск: Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина, 2023. С. 120-125.

31. Astashenkov A.Y., Karpova E.A., Cheryomushkina V.A. Diversity patterns of life forms and phenolic profiles of endemic nepeta plants along an aridity gradient of a high-mountain zone in central asia // *Taiwania*. 2021. Vol. 66, No. 4. P. 541-556. DOI 10.6165/tai.2021.66.541. EDN HMLLSI.
32. Bezuglova O.S., Nazarenko O.G., Iljinskaya I.N. Land Degradation Dynamics in Rostov Oblas, // *Arid Ecosystems*. 2020. Vol. 10, No. 2. P. 93-97. DOI 10.1134/S207909612002002X.
33. Nedealcov M., Donica A., Grigoraş N. The impact of climate aridization on oak stands in the Republic of Moldova (case study) // *Present Environment and Sustainable Development*. 2020. Vol. 14, No. 1. DOI 10.15551/pesd2020141017.
34. Roman Ye.G., O.Ye. Markautsan Influence of climate aridization and changes in the Black Sea level on the features of tailed amphibians (amphibia, caudata) distribution in the Oleshky sands // *Морський екологічний журнал*. 2020. No. 2. P. 72-73. DOI 10.47143/1684-1557/2020.2.09.
35. Breeding and seed production of RSC Aurora corn in conditions of aridization and climate change / D. Volkov [et al.] // *AgroEcoInfo*. 2023. No. 1 (55). P. 12. DOI 10.51419/202131112.
36. Change of Land Use in Altai Krai: Problems and Prospects for the Achievement of Land Degradation Neutrality / D.V. Zolotov [et al.] // *Arid Ecosystems*. 2020. Vol. 10, No. 2. P. 106-113. DOI 10.1134/S2079096120020134.

REFERENCES

1. Adaptive potential of photosynthesis and production process in local forms and varieties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) from different breeding periods / A. V. Amelin [et al.] // *Agricultural Biology*. 2016. Vol. 51, Issue 1. P. 79-88. DOI 10.15389/agrobiology.2016.1.79rus. [In Russ.]
2. Astakhov, V. S., Ivanchikov, G. O. Problems of applying precision farming systems with differentiated application of solid mineral fertilizers and ways to solve them // *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2022. Issue 1. P. 133-136. [In Russ.]
3. Efficiency of direct seeding technology in cultivating field crops in the arid zone of the Central Ciscaucasia / I.A. Volters [et al.] // *Agriculture*. 2020. Issue 3. P. 14-18. DOI 10.24411/0044-3913-2020-10303. [In Russ.]
4. Gubarev, D.I., Levitskaya, N.G., Derevyagin, S.S. The effect of climate change on soil degradation in arid zones of the Volga Region // *Arid Ecosystems*. 2022. Vol. 28, Issue 1 (90). P. 20-27. DOI 10.24412/1993-3916-2022-1-20-27. [In Russ.]
5. Denisov, E.P., Solodovnikov, A.P., Bikteev, R.K. Efficiency of energy-saving tillage methods in spring wheat cultivation // *Niva Povolzhya*. 2011. Issue 3 (20). P. 21-25. [In Russ.]
6. Agrophysical processes of formation of productive moisture reserves in the soil / E.P. Deniso [et al.] // *Bulletin of the Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov*. 2014. Issue 8. P. 10-15. [In Russ.]
7. Dzarmotov, S.I., Borov, I.A. Unstable moisture supply of agricultural crops in the Republic of Ingushetia // *Bulletin of the Dagestan State Agrarian University*. 2021. Issue 2 (10). P. 67-69. [In Russ.]
8. Directions and results of triticale breeding at Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P.P. Lukyanenko / V.Ya. Kovtunenkov [et al.] // *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2017. Issue 66. P. 115-120. DOI 10.21515/1999-1703-66-115-120. [In Russ.]
9. Koynova, A.N. Land reclamation as a path to agricultural success // *AgroForum*. 2019. Issue 6. P. 41-43. [In Russ.]
10. Korchagin, V.A., Goryanin, O.I. Soil-protecting and moisture-saving technologies for cultivating spring grain crops in the chernozem steppe of the Middle Trans-Volga region // *Problems of aridization of the South-East of the European part of Russia: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Krasnokutsk selection and experimental station (Saratov, June 29-30, 2009)*. Saratov: Research Institute of Agriculture South-East, 2009. P. 154-159. [In Russ.]
11. Kretinin, V.M. Fertility of forest-reclaimed soils in the experimental network of VNIALMI in the second half of the 20th century. Volgograd: Federal Scientific Center of Agroecology, Russian Academy of Sciences, 2017. 122 p. [In Russ.]
12. Ksenofontov, M.Yu., Polzikov, D.A. On the impact of climate change on the development of agriculture in Russia in the long term // *Problems of Forecasting*. 2020. Issue 3 (180). P. 82-92. [In Russ.]

13. Lebedev, V.E., Amakova, T.V. The role of soil moisture in the development of agricultural crops // Scientific research of students in solving current problems of the agro-industrial complex: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference (Irkutsk, March 4-5, 2021). Vol. I. Youth: Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Ezhevsky, 2021. P. 59-65. [In Russ.]
14. Leonova, I.N. Molecular markers: use in breeding grain crops for identification, introgression and pyramiding of genes // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2013. Vol. 17, Issue 2. P. 314-325. [In Russ.]
15. Mambetullaeva, S.M., Otenova, F.T. Problems of soil degradation in arid territories of the Southern Aral Sea region // The role of university science in the development of the agro-industrial complex: Proceedings of the International scientific and practical conference (Nizhny Novgorod, October 13-15, 2021). N. Novgorod: Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, 2021. P. 158-162. [In Russ.]
16. Manaenkov, A.S. Contribution of VNIALMI to the development of forest science and the solution of forestry problems of the country // Forestry. 2006. Issue 6. P. 21-22. [In Russ.]
17. Design and calculation of sprinkler and drip irrigation systems for agricultural crops: a methodological manual / V.V. Melikhov [et al.]. Volgograd: All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, 2017. 184 p. [In Russ.]
18. Novikova, L. Yu., Zuev, E. V. Model approach to optimization of spring wheat assortment under conditions of increasing drought frequency // V Vavilov International Conference: dedicated to the 135th anniversary of N. I. Vavilov's birth: abstracts of reports (St. Petersburg, November 21-25, 2022). SPb.: All-Russian Institute of Plant Genetic Resources named after N. I. Vavilov, 2022. P. 43-44. [In Russ.]
19. Prospects for the use of innovative forms of fertilizers, plant protection products, and plant growth regulators in agricultural technologies of agricultural crops: materials of reports of participants of the X scientific and practical conference (Anapa, September 3-7, 2018) / ed. by V.G. Sycheva. Anapa: Plodorodie, 2018. 244 p. DOI 10.25680/VNIIA.2019.80.42.100. [In Russ.]
20. Povarnitsyna, A.V., Savin, M.I. The impact of climate change on world agriculture // Trends in Science and Education Development. 2022. Issue 84-1. P. 152-157. DOI 10.18411/trnio-04-2022-39. [In Russ.]
21. Prikhodko, A.V., Cherkashina, A.V. Efficiency of using green manure crops in grain-fallow field crop rotation // Plodorodie. 2024. No. 4 (139). P. 68-71. DOI 10.25680/S19948603.2024.139.15. [In Russ.]
22. Prokopiev, E.A., Roslyakova, N.A. Assessing the impact of climate change on the economics of the North (literature review) // Management of Economic Systems. 2017. Issue 10 (104). P. 8. [In Russ.]
23. Degradation of chernozem soils in agrolandscapes of the Volga steppe region / V.V. Pronko [et al.] // New methods and results of landscape studies in Europe, Central Asia and Siberia: a monograph: in 5 volumes. Vol. 2. / edited by V.G. Sychev, L. Müller. Moscow: All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, 2018. P. 298-302. DOI 10.25680/2223.2018.91.60.161. [In Russ.]
24. Pyndak, V.I., Borisenko, I.B., Novikov, A.E. Improving the primary tillage system in dry conditions // News of the Nizhnevolzhsky Agrarian University Complex: Science and Higher Professional Education. 2013. Issue 2 (30). P. 199-204. [In Russ.]
25. The influence of primary tillage techniques in crop rotation on the moisture dynamics and agrophysical properties of leached chernozem / V.N. Romanov [et al.] // Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2018. Vol. 32, Issue 5. P. 32-34. DOI 10.24411/0235-2451-2018-10508. [In Russ.]
26. Preservation of fertility and protection of soil from erosion in the steppe zone of the Southern Urals / V.Yu. Skorokhodov [et al.] // Fertility. 2021. Issue 6 (123). P. 22-25. DOI 10.25680/S19948603.2021.123.06. EDN KOXYJB. [In Russ.]
27. Soloviev, A.N., Shikhova, T.G. Phenological responses of the biota of the eastern Russian Plain to weather anomalies // Ecological Monitoring and Modeling of Ecosystems. 2021. Vol. 32, Issue 1/2. P. 37-55. DOI 10.21513/0207-2564-2021-1-2-37-55. [In Russ.]
28. Solodovnikov, A.P., Denisov, K.E., Neifeld, V.V. Agrophysical properties, soil moisture, and weather conditions as factors determining chickpea grain yield in the Trans-Volga region // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2024. Vol. 16, Issue 3. P. 70-77. DOI 10.36508/RSATU.2024.40.15.010. [In Russ.]

29. Precision irrigation technologies are being developed by Timiryazevka experts on assignment from the Russian Ministry of Agriculture [Electronic resource]. URL: https://www.agroxxi.ru/selhoz-tehnika/novosti/tehnologii-tochnogo-orosheniya-razrabatyvayut-yeksperty-timirjzevki-po-zadaniyu-minselhoza-rf.html?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com (Accessed: 19.09.2025). [In Russ.]

30. Khadzhibi A.E., Chizhevskaya N.A. Development of the melioration complex in the Krasnodar Territory on rice irrigation systems // Agrarian science and education at the present stage of development: Proceedings of the XIII International scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of the Ulyanovsk State Agrarian University (Ulyanovsk, June 23, 2023). Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agrarian University named after. P.A. Stolypina, 2023. P. 120-125.

31. Astashenkov A.Y., Karpova E.A., Cheryomushkina V.A. Diversity patterns of life forms and phenolic profiles of endemic nepeta plants along an aridity gradient of a high-mountain zone in central Asia // Taiwan. 2021. Vol. 66, No. 4. P. 541-556. DOI 10.6165/tai.2021.66.541. EDN HMLLSI.

32. Bezuglova O.S., Nazarenko O.G., Ijinskaya I.N. Land Degradation Dynamics in Rostov Regions, // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10, No. 2. P. 93-97. DOI 10.1134/S207909612002002X.

33. Nedealcov M., Donica A., Grigoraş N. The impact of climate aridization on oak stands in the Republic of Moldova (case study) // Present Environment and Sustainable Development. 2020. Vol. 14, No. 1. DOI 10.15551/pesd2020141017.

34. Roman Ye.G., O.Ye. Markautsan Influence of climate aridization and changes in the Black Sea level on the features of tailed amphibians (amphibia, caudata) distribution in the Oleshky sands // Marine Ecological Journal. 2020. No. 2. P. 72-73. DOI 10.47143/1684-1557/2020.2.09.

35. Breeding and seed production of RSC Aurora corn in conditions of aridization and climate change / D. Volkov [et al.] // AgroEcoInfo. 2023. No. 1 (55). P. 12. DOI 10.51419/202131112.

36. Change of Land Use in Altai Krai: Problems and Prospects for the Achievement of Land Degradation Neutrality / D.V. Zolotov [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10, No. 2. P. 106-113. DOI 10.1134/S2079096120020134.

Информация об авторах / Information about the authors

Полетаев Илья Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; 410012, Российская федерация, г.Саратов, пр-кт. им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3306-1553>, e-mail: poletaevilja@mail.ru

Легучий Александр Владимирович, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, и.о. заведующего кафедрой «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; 410012, Российская федерация, г. Саратов, пр-кт. им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4117-259X>

Губов Валерий Иванович, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; 410012, Российская федерация, г. Саратов, пр-кт. им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6288-0005>

Четвериков Фёдор Петрович, доктор сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова»; 410012, Российская федерация, г. Саратов, пр-кт. им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8468-4394>

Ilya S. Poletaev, PhD (Agr.), Associate Professor, the Department of Agriculture, Land Reclamation, and Agrochemistry, Saratov State University of Genetics, Biotechnology, and Engineering named after N.I. Vavilov; 410012, the Russian Federation, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., Building 4, Bldg. 3, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3306-1553>. e-mail: poletaevilja@mail.ru

Alexandr V. Letuchiy, PhD (Agr.), Associate Professor, Acting Head of the Department of Agriculture, Land Reclamation, and Agrochemistry, Saratov State University of Genetics, Biotechnology, and Engineering named after N.I. Vavilov; 410012, the Russian Federation, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., Building 4, Bldg. 3, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4117-259X>

Valery I. Gubov, PhD (Agr.), Associate Professor, the Department of Agriculture, Land Reclamation, and Agrochemistry, Saratov State University of Genetics, Biotechnology, and Engineering named after N.I. Vavilov; 410012, the Russian Federation, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., Building 4, Bldg. 3, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6288-0005>

Fedor P. Chetverikov, Dr Sci. (Agr.), Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410012, the Russian Federation, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., Building 4, Bldg. 3, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8468-4394>

Заявленный вклад авторов

Полетаев Илья Сергеевич, Летучий Александр Владимирович – разработка методики исследования, валидация данных.

Губов Валерий Иванович – подбор литературных источников.

Четвериков Фёдор Петрович – оформление статьи по требованиям журнала.

Claimed contribution of the authors

Ilya S. Poletaev, Aleksandr V. Letuchiy – research methodology development, data validation.

Valery I. Gubov – literature review.

Fyodor P. Chetverikov – article formatting according to the Journal requirements.

Поступила в редакцию 13.10.2025

Поступила после рецензирования 24.11.2025

Принята к публикации 25.11.2025

Received 13.10.2025

Revised 24.11.2025

Accepted 25.11.2025

Оригинальная статья / Original paper

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-206-218>

УДК 634.13:[631.526.32:631.517] (470.64)



Подбор перспективных сортов груши для культивирования в условиях дефицита влаги в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики

А.В. Сатибалов✉¹, З.А. Иванова², Ф.Х. Тхазеплова²,
Л.Х. Нагудова¹, З.Ш. Дагужиева³

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства»;
г. Нальчик, Российская Федерация
✉aslan-07@list.ru

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова»;
г. Нальчик, Российская Федерация

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»;
г. Майкоп, Российская Федерация

Аннотация. Введение. В последние десятилетия повсеместно наблюдается глобальное потепление климата. Недостаток влаги негативно сказывается на многих сортах груши: падает продуктивность, ухудшаются потребительские качества плодов. Также замедляется рост вегетативной массы, что ослабляет дерево в целом, снижая его стрессоустойчивость. Наибольшей резистентностью к засухе обладают сорта, проявляющие высокий уровень пластичности к неблагоприятным факторам. **Цель исследования.** Определить перспективные сорта груши для возделывания в предгорной зоне садоводства Кабардино-Балкарии. **Объектами изучения** выступали 22 сортаобразца, в том числе 13 сортов местной селекции и 9 интродуцированных. **Методика.** Все эксперименты осуществляются с применением стандартных методов, общепринятых в области пловозводства. **Результаты.** В ходе исследований выделены генотипы, демонстрирующие наибольшую устойчивость к дефициту влаги. Эти сорта признаны пригодными для внедрения в сельскохозяйственную практику региона. Сравнительный гидрологический анализ листовых тканей продемонстрировал существенную межсортную изменчивость в накоплении влаги. Наилучший уровень оводнённости имели сорта зимнего срока созревания Кюре (64%) и Нарт (72%). Наряду с этим слабую устойчивость к дефициту влаги показали сорта с низкой степенью гидратированности: Любимица Клаппа (59%), Нальчикская Костыка (55%), Талгарская красавица (56%). Между тем, высокий показатель содержания воды в листьях груши не гарантирует её устойчивости к засушливым условиям. **Заключение.** Показатели водоудерживающей способности листьев и восстановления тургорного давления после обезвоживания служат главными индикаторами засухоустойчивости. По результатам оценки этих параметров лучшие результаты имели сорта: Любимица Клаппа, Рекордистка, Бере нальчикская, Талгарская красавица, Нарт, Кюре, Февральская, Чегет и Пасс Крассан. У перечисленных сортов наблюдается тенденция к увеличению водоудерживающих сил при снижении доступности влаги. Они представляют особый интерес для выращивания в регионах с ограниченным водоснабжением, а также для привлечения в селекционный процесс на засухоустойчивость в качестве родительских форм.

Ключевые слова: груша, сорта, отбор, устойчивость, водообеспечение, дефицит влаги, засуха, обезвоживание, тургор, засухоустойчивость

Для цитирования: Сатибалов А.В., Иванова З.А., Тхазеплова Ф.Х., Нагудова Л.Х., Дагужиева З.Ш. Подбор перспективных сортов груши для культивирования в условиях дефицита влаги в предгорной зоне Кабардино-Балкарской Республики. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 206-218. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-206-218>

Selection of promising pear varieties for cultivation in the conditions of moisture deficiency of the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic

A.V. Satibalov✉¹, Z.A. Ivanova², F.H. Thazeplova²,
L.H. Nagudova¹, Z.S. Daguzhieva³

¹ *The North Caucasus Scientific Research Institute of Mountain and Foothill Gardening;
Nalchik, the Russian Federation,
✉aslan-07@list.ru*

² *Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov;
Nalchik, the Russian Federation*

³ *Maykop State Technological University; Maikop, the Russian Federation*

Abstract. Introduction. Global warming has been observed worldwide in recent decades. Lack of moisture has a negative impact on many pear varieties: productivity decreases, and the consumer quality of the fruit deteriorates. Vegetative growth also slows down, weakening the tree as a whole, reducing its stress tolerance. Varieties exhibiting a high level of plasticity in the face of adverse factors possess the greatest drought resistance. The goal of the research was to identify promising pear varieties for cultivation in the foothill horticultural zone of Kabardino-Balkaria. The objects of the research were 22 variety accessions, including 13 locally bred and 9 introduced varieties. **The results and methods.** All experiments were carried out using standard methods generally accepted in the field of fruit growing. Genotypes demonstrating the greatest tolerance to moisture deficit were identified. These varieties were recognized as suitable for introduction into agricultural practices in the region. A comparative hydrological analysis of leaf tissue demonstrated significant intervarietal variability in water accumulation. *Kyure* (64%) and *Nart* (72%) winter-ripening varieties demonstrated the highest water content. However, varieties with low hydration levels demonstrated weak resistance to moisture deficit: *Lyubimitsa Klappa* (59%), *Nalchikskaya Kostyka* (55%), and *Talgarskaya Krasavitsa* (56%). However, high water content in pear leaves does not guarantee its resistance to drought conditions. **Conclusion.** Water-holding capacity of leaves and recovery of turgor pressure after dehydration serve as the main indicators of drought tolerance. Having assessed these parameters, the following varieties demonstrated the best results: *Lyubimitsa Klappa*, *Rekordistka*, *Bere Nalchikskaya*, *Talgarskaya Krasavitsa*, *Nart*, *Kyure*, *Fevralskaya*, *Cheget*, and *Pass Krassan*. The listed varieties show a tendency to increase water-holding capacity with decreasing moisture availability. They are of particular interest for cultivation in regions with limited water supplies, as well as for use as parental forms in breeding for drought tolerance.

Keywords: pear, varieties, selection, tolerance, water supply, moisture deficit, drought, dehydration, turgor, drought tolerance

For citation: Satibalov A.V., Ivanova Z.A., Tkhazeplova F.Kh., Nagudova L.Kh., Daguzhieva Z.Sh. Selection of promising pear varieties for cultivation in the conditions of moisture deficiency of the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic. *Novye tehnologii / New technologies*. 2025; 21(4): 206-218. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-206-218>

Введение. В предгорной зоне плодородия Кабардино-Балкарской Республики сложилась непростая агроклиматическая ситуация, обусловленная двумя ключевыми факторами: недостаточным и крайне неравномерным распределением

атмосферных осадков в течение вегетационного периода, а также устойчиво высокими температурами воздуха в летний сезон. Эти условия создают серьёзный стресс для плодовых культур, существенно ограничивая их потенциал продуктивности и жизнеспособности.

В связи с обозначенными климатическими особенностями особую актуальность приобретает задача селекционного подбора сортов груши, обладающих повышенной устойчивостью к засушливым условиям. Речь идёт не просто о выживании растений в период дефицита влаги, но и о сохранении их продуктивных качеств – способности формировать стабильный урожай высокого качества даже при ограниченном водоснабжении.

Проведённое исследование вносит существенный вклад в решение актуальной задачи – создание устойчивых агроэкосистем плодоводства в условиях нарастающей аридизации климата.

Проблема нехватки воды является одной из самых значимых для мирового сельского хозяйства. В последние годы отмечается истощение многих водных ресурсов в значительной степени из-за антропогенного фактора [17]. Для полноценного метаболизма растений важен режим достаточного водообеспечения. Дефицит влаги ведёт к нарушениям физиологических и биохимических алгоритмов растительного организма, снижению устойчивости дерева груши к негативным внешним воздействиям, что ухудшает её общее состояние. В дальнейшем из-за нарушений в формировании генеративных почек это приводит к сокращению урожайности. Помимо количественных потерь ухудшается и качество урожая – возрастает процент опадения недозревших плодов, а те, что удаётся собрать, зачастую не соответствуют товарным стандартам.

Согласно многочисленным данным исследований в области плодоводства [1...4, 6...8, 11...16], груша демонстрирует высо-

кую степень устойчивости к засушливым условиям, занимая по этому показателю вторую позицию среди всех возделываемых в регионе плодовых культур. Первенство по засухоустойчивости уверенно удерживает яблоня, которая превосходит грушу по ряду физиологических параметров, в частности, – по водоудерживающей способности листьев и эффективности использования влаги.

Несмотря на то, что груша уступает яблоне по общей засухоустойчивости, многие сорта отечественной селекции проявляют значительный потенциал для возделывания в регионах с периодическими засухами при соблюдении квалифицированного подбора сортов и грамотного применения агротехнических приёмов, направленных на рациональную оптимизацию водного режима плодовых культур [1...4, 6...8, 11...16].

Способность противостоять засухе выдвинулась в последние годы в один ряд среди предпочтительных характеристик сорта, определяя возможность его успешного выращивания, особенно в регионах с жарким и сухим летом. В условиях дефицита влаги большинство интродуцированных сортов груши испытывают серьёзные физиологические затруднения, что негативно сказывается на их продуктивности. У пострадавших от засухи деревьев груши наблюдается уменьшение массы плодов, потеря сочности и насыщенности вкуса, ухудшение внешнего вида, сокращение продолжительности лёжкости урожая.

Наибольшую ценность в таких условиях представляют сорта, обладающие повышенной засухоустойчивостью. Они отличаются способностью плодотворно использовать доступную влагу, обеспечивать оптимальный обмен веществ при ограниченном водоснабжении, сохранять стабильный рост и развитие даже в периоды длительной засухи, формировать стабильные урожаи качественных плодов с минимальными потерями. Такие сорта являются адаптирован-

ными к неблагоприятным климатическим условиям, вызванным повышенной температурой и недостатком влаги. Они представляют интерес для садоводов, работающих в регионах с недостаточным естественным увлажнением. Внедрение таких сортов позволяет минимизировать риски снижения урожайности и способствует поддержанию стабильного производства плодов даже при дефиците влаги.

Способность сорта противостоять засухе преимущественно определяется двумя факторами: содержанием воды в тканях и силами, удерживающими эту воду. Эти факторы, в свою очередь, зависят от множества физиологических и морфологических особенностей растения, таких как, например, структура листа (строение, толщина и др.), эффективность работы устьичного аппарата, наличие или отсутствие воскового налёта, а также глубины и разветлённости корневой системы. Изучение этих характеристик в комплексе с анализом водного режима позволяет более точно прогнозировать поведение сортов в условиях засухи и проводить целенаправленную селекционную работу.

Таким образом, засухоустойчивость груши является комплексным свойством, определяемым как генетическими особенностями сорта, так и условиями окружающей среды. Познание принципов, определяющих это свойство, создаёт предпосылки для выведения новых сортов с повышенной адаптивностью, сохраняющих стабильную урожайность даже при экстремально неблагоприятных климатических факторах, что имеет огромное значение для продовольственной безопасности и устойчивого развития сельского хозяйства.

В контексте селекции, выявление и закрепление признаков засухоустойчивости у сортов груши является приоритетной задачей. Это включает в себя не только поиск уже существующих устойчивых форм, но и разработку методов для искусственного повышения данного показателя. Современ-

ные методы молекулярной генетики и геномного отбора могут значительно ускорить процесс создания новых сортов, обладающих повышенной толерантностью к дефициту влаги.

Кроме того, важно учитывать, что засухоустойчивость не является абсолютным свойством. Она может проявляться в разной степени в зависимости от стадии развития растения, возраста дерева, а также от сочетания других стрессовых факторов, таких как высокая температура, засоление почвы или недостаток питательных веществ. Комплексный подход к оценке засухоустойчивости, учитывающий все эти аспекты, позволит более точно определить потенциал сорта и его пригодность для возделывания в конкретных агроклиматических условиях.

В конечном итоге повышение засухоустойчивости сортов груши имеет не только экономическое, но и экологическое значение. Это способствует снижению потребления воды для орошения, уменьшению эрозии почвы и сохранению биоразнообразия в условиях меняющегося климата. Таким образом, исследования в области засухоустойчивости груши являются важным вкладом в развитие устойчивого сельского хозяйства и обеспечение продовольственной безопасности.

Уровень оводнённости листовых тканей отражает физиологическое состояние растения, определяемое балансом водообмена. С одной стороны, вода поступает через корневую систему из почвы, транспортируясь по ксилеме к фотосинтезирующим органам. С другой – непрерывно теряется в процессе транспирации, интенсивность которой зависит от факторов внешней среды: влажности воздуха, температуры, освещённости, скорости ветра и т.д.

Исследование механизмов адаптации сортов груши к летним стресс-факторам, в первую очередь к нерегулярному водоснабжению и периодам засухи, представляет собой ключевое направление селекци-

онной работы. Полученные данные позволяют объективно ранжировать сорта по устойчивости и формировать региональные рекомендации по их возделыванию с учётом гидротермических особенностей конкретной местности.

Цель исследований. Определение наиболее перспективных сортов груши для возделывания в условиях предгорной плодовой зоны садоводства Кабардино-Балкарии. Учитывая климатические особенности региона, характеризующиеся периодическими засухами, центральным аспектом работы стала сравнительная оценка засухоустойчивости различных сортов. Это позволило выделить генотипы, демонстрирующие наибольшую устойчивость к дефициту влаги и пригодные для внедрения в сельскохозяйственную практику региона.

Объекты исследований. В качестве предметов изучения выступали 22 сортаобразца, в том числе 13 сортов местной селекции (Антера, Рекордистка, Нальчикская Костыка, Красный Кавказ, Кабардинка, Терекская осенняя, Бере нальчикская, Эльбрусская, Нарт, Орион, Олимп, Февральская, Чегет) и 9 интродуцированных (Любимица Клаппа, Бере Жиффар, Вильямс, Талгарская красавица, Бере Боск, Конференция, Пасс Крассан, Кюре, Бере Арданпон).

Методика исследований. Изучение водного режима и засухоустойчивости проводилось как в полевых условиях (наблюдение за опадением и повреждением листьев в пик жары, оценка степени повреждения по площади и количеству опавших листьев), так и в лаборатории (определение водоудерживающей способности листьев). Для сравнительной оценки засухоустойчивости применялся метод завядания, позволяющий измерить водоудерживающую способность и степень оводнённости листьев в условиях максимального водного дефицита [5, 8, 9]. Полученные данные позволяют рекомендовать сорта, проявляющие высокую засухоустойчивость для регионов с дефицитом влаги.

Обсуждение результатов исследований. Существенным элементом селекции Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

засухоустойчивых сортов груши представляется использование растений, уже адаптированных к засушливым условиям. Содержание общей воды в листьях является ключевым индикатором их текущего водного статуса. Особый интерес представляют характеристики засухоустойчивости, которые становятся все более важными в условиях текущего сценария изменения климата. Дефицит воды вызывает стресс от засухи в тканях растений, поскольку поглощение воды корнями ниже, чем транспирация листьев, что приводит к снижению роста и продуктивности растений [19]. Засуха значительно тормозит рост вегетативных органов у деревьев груши. При этом у различных сортов различные уровни засухоустойчивости [18].

В процессе одомашнивания урожайность культурных деревьев увеличилась в 2...3 раза, в то время как другие характеристики снизились. Деревья выработали множество сложных механизмов для выживания в условиях засухи. Эти механизмы включают в себя как физические, так и биологические процессы, происходящие на клеточном уровне и на уровне всего организма [18, 19, 22, 23].

Содержание общей воды в листьях служит ключевым физиологическим индикатором текущего уровня их увлажнённости. Этот показатель формируется в результате динамического равновесия двух противоположных процессов: поступления влаги через корневую систему из почвы и её потери вследствие транспирации – испарения воды через устьица и кутикулу листьев. На величину водосодержания влияют как внешние факторы (влажность и температура воздуха, интенсивность солнечного излучения, скорость ветра), так и внутренние регуляторные механизмы растения (степень открытости устьиц, толщина кутикулы, активность корневого давления).

Таким образом, водный статус листьев отражает не только индивидуальное состояние организма, но и его адаптацию к конкретным условиям местообитания.

Устойчивость растений к дефициту влаги обусловлена совокупностью внешних факторов (недостаток почвенной и атмосферной влаги) и внутренних характеристик самого растения. Существенное влияние на этот показатель оказывает также подвой, используемый для прививки.

Идентификация сортов и подвоев, демонстрирующих повышенную засухоустойчивость, осуществляется на основе анализа следующих физиологических признаков:

1) стойкость к обезвоживанию: способность вегетативных органов (листьев и побегов) переносить снижение содержания влаги и повышенные температурные режимы;

2) эффективность водосберегающих механизмов: способность растения к оптимизации водного баланса;

3) растения должны обладать высокой способностью удерживать воду в тканях, особенно в условиях завядания;

4) восстановление тургора: важна способность листьев восстанавливать упругость (тургор) после периода обезвоживания;

5) регуляция устьиц: эффективное управление работой устьиц листьев;

6) накопление сухого вещества: интенсивность биосинтеза сухих соединений в листовых тканях в летний период, особенно заметное усиление данного процесса наблюдается после перенесённого засушливого периода, что свидетельствует о высокой адаптационной способности растительного организма;

7) листовая масса: большая масса листьев на единицу площади также является положительным признаком;

8) выживаемость: низкий процент гибели растений в течение длительного периода (5...15 лет) выращивания в засушливых условиях является прямым показателем устойчивости.

Чем лучше листья удерживают воду, тем меньше они теряют её при завядании. Это, в свою очередь, способствует более полному восстановлению тургора после обезвоживания, что напрямую связано с общей устойчивостью к засухе. Наиболее

уязвимыми в таких условиях оказываются молодые, ещё не полностью сформировавшиеся листья, расположенные в верхней части растения.

Результаты многолетних фитопатологических наблюдений выявили выраженную склонность ряда сортов груши к развитию деструктивных изменений листовой пластинки. В частности, у сортов Конференция, Бере Боск и Бере Диль регулярно фиксируются характерные симптомы водного стресса: некротизация краёв листьев, прогрессирующее усыхание листовой ткани и преждевременное дефолиация. Данные проявления однозначно свидетельствуют о недостаточной засухоустойчивости указанных генотипов.

Сравнительный гидрологический анализ листовых тканей продемонстрировал существенную межсортовую вариабельность в накоплении влаги. Наибольшей гидратированностью отличались сорта:

- Кюре – 64% воды в листовой массе;
- Нарт – 72% воды в листовой массе.

Заметно более низкие показатели водосодержания имели сорта Нальчикская Костыка (55%), Талгарская красавица (56%) и Любимица Клаппа (59%), что коррелирует с их пониженной устойчивостью к дефициту влаги.

Особого внимания заслуживает динамика водного режима в течение вегетационного цикла: установлено, что содержание воды в листьях демонстрирует чёткую тенденцию к постепенному снижению по мере физиологического старения тканей, что обусловлено:

- уменьшением активности корневого водопоглощения;
- утолщением кутикулярного слоя;
- снижением тургорного давления в клетках;
- нарастанием интенсивности транспирационных потерь.

Однако следует учитывать, что повышенное содержание воды в листовых тканях само по себе не может служить надёжным критерием засухоустойчивости груши. Этот

Новые технологии / New Technologies, 2025; 21 (4)

показатель лишь косвенно отражает водный статус растения, но не даёт полной картины его адаптационных возможностей в условиях дефицита влаги.

Решающую роль в формировании устойчивости к засухе играют иные физиологические механизмы: способность листьев эффективно удерживать накопленную влагу, минимизируя её потери через транспирацию; скорость и полнота восстановления тургорного давления после периода обезвоживания – это ключевой индикатор резистентности клеток к водному стрессу; эффективность осмотической регуляции, позволяющая поддерживать клеточный гомеостаз при снижении доступности воды; развитость защитных механизмов, препятствующих необратимым повреждениям мембран и фотосинтетического аппарата в условиях водного дефицита.

С учётом изложенного выше, оценка засухоустойчивости груши требует комплексного анализа не только содержания воды в листьях, но и функциональных характеристик водоудерживающей способности и регенерационного потенциала растительных тканей.

Согласно полученным данным, наилучшей засухоустойчивостью обладают следующие сорта: Рекордистка, Любимица Клаппа, Бере нальчикская, Нарт, Кюре, Февральская, Талгарская красавица, Чегет и Пасс Крассан. У этих сортов наблюдается тенденция к увеличению водоудерживающих сил при снижении доступности влаги (табл. 1).

Особый интерес представляют сорта, демонстрирующие высокую устойчивость к обезвоживанию и сохранению упругости листьев в условиях дефицита влаги [4, 8, 11...13].

Наиболее восприимчивыми к засухе определены сорта: Бере Боск, Конференция, Орион, Олимп и Бере Арданпон. Эти сорта при наступлении засухи не только активно теряют влагу, но и демонстрируют слабую способность листьев восстанавливать упругость (тургор), которая составляет всего

29...37%. Поэтому для них более благоприятны условия с умеренными колебаниями температуры и повышенной влажностью воздуха, характерные для лесогорных плодовых зон. В прохладную погоду при достаточном увлажнении способность листьев груши удерживать воду снижается.

Таблица 1. Сорта груши по степени засухоустойчивости

Table 1. Pear varieties by degree of drought resistance

Степень засухоустойчивости		
Засухоустойчивые	Средне засухоустойчивые	Слабо засухоустойчивые
Любимица Клаппа (К)	Вильямс (К)	Конференция
Рекордистка	Антера	Орион
Талгарская красавица (К)	Бере Жиффар	Олимп
Бере нальчикская	Красный Кавказ	Бере Арданпон
Эльбруская	Нальчикская Костыка	(К)
Кюре (К)	Кабардинка	Бере Боск (К)
Нарт	Терекская осенняя	
Пасс Крассан		
Февральская		
Чегет		

Результаты проведённых исследований продемонстрировали существенную разницу в устойчивости различных сортов груш к неблагоприятным внешним воздействиям.

В частности, сорта осеннего срока созревания Бере Диль, Бере Боск и Конференция проявили низкую устойчивость: у них регулярно наблюдались характерные повреждения – от появления некротических ожогов по краям листовой пластины до полного усыхания и преждевременного опадения листьев. Подобные симптомы свидетельствуют о повышенной чувствительности данных сортов к стресс-факторам окружающей среды.

Детальный анализ водного режима растений позволил количественно оценить различия в содержании влаги в листьях исследуемых сортов. Полученные данные выявили явных лидеров по водоудерживающей способности – это сорта Нарт (72% влаги) и Кюре (64% влаги). У остальных сортов более низкие показатели гидратации листовых тканей: Любимица Клаппа (59%), Нальчинская Костыка (55%), Талгарская красавица (56%), Бере Арданпон (58%).

Выявленная корреляция между уровнем оводнённости листьев и степенью по-

вреждения листовой пластины позволяет предположить, что сорта с более высоким содержанием воды в тканях (Нарт и Кюре) обладают большей устойчивостью к факторам, вызывающим ожоги и усыхание листы. В то же время сорта Бере Диль, Бере Боск и Конференция требуют особого внимания и дополнительных мер защиты в условиях стрессовых воздействий окружающей среды.

Следовательно, для успешного выращивания сортов груши в районах, подверженных засухе, необходимо создавать условия с высокой влажностью воздуха и стабильным температурным режимом, избегая резких перепадов. Здесь предпочтение следует отдавать сортам с более высокой водоудерживающей способностью листьев, таким как Нарт и Кюре, или применять специальные агротехнические мероприятия для поддержания оптимального водного баланса растений. Важно учитывать, что даже при благоприятных условиях прохладная погода может снижать способность листьев груши к удержанию влаги, поэтому своевременный полив остается критически важным фактором для всех сортов.

При выборе сортов груши для посадки, а также при разработке стратегий ухода за ними необходимо принимать во внимание их индивидуальную устойчивость к засухе и способность листьев восстанавливать тургор. Сорта с низкой водоудерживающей способностью, такие как Бере Боск, Конференция, Олимп, Орион и Бере Арданпон, требуют особого внимания к поддержанию оптимального уровня влажности и температурного режима, что делает их идеальными кандидатами для выращивания в защищенных условиях или в регионах с благоприятным микроклиматом. В то же время, сорта с высокой водоудерживающей способностью, такие как Нарт и Кюре, демонстрируют большую адаптивность к менее идеальным условиям и могут быть более надежным выбором для более широкого спектра климатических зон. Ком-

плексный подход, учитывающий как сортовые особенности, так и внешние факторы, является ключом к достижению высоких урожаев и сохранению здоровья плодовых деревьев.

В ходе вегетационного цикла у растений груши наблюдается динамическая изменчивость содержания общей воды в тканях. Этот показатель не является статичным и подвержен закономерным колебаниям, обусловленным фазой физиологического развития растения, возрастными изменениями листовых пластинок, сезонными метеорологическими факторами (температурный режим, влажность воздуха, интенсивность солнечной радиации), активностью транспирационных процессов, эффективностью корневого водопоглощения.

Особо выраженная тенденция отмечается в отношении возрастных изменений: по мере старения листьев происходит прогрессивное снижение их водосодержания. Данный процесс связан с утолщением кутикулярного слоя, ограничивающего пассивную диффузию воды; снижением тургорного давления в клетках; уменьшением функциональной активности устьичного аппарата; нарастанием интенсивности водопотерь при сохранении прежнего уровня транспирации; постепенным ослаблением метаболических процессов в стареющих тканях.

Выводы. В результате комплексного анализа засухоустойчивости различных сортов груши были сформированы три основные группы по степени устойчивости к дефициту влаги: высокоустойчивые, среднеустойчивые и слабоустойчивые сорта.

Проведённые исследования позволили выделить ряд сортов, демонстрирующих высокие адаптационные способности в условиях длительной засухи. К этой категории отнесены Рекордистка, Любимица Клаппа, Талгарская красавица, Бере Нальчикская, Эльбрусская, Нарт, Кюре, Пасс Крассан, Февральская, Чегет.

Данные сорта обладают комплексом физиологических и морфологических

адаптаций, позволяющих эффективно сохранять водный баланс даже при значительном дефиците влаги. Высокая засухоустойчивость делает их оптимальным выбором для культивирования в аридных регионах с ограниченным доступом к поливной воде. Выращивание данных сортов в засушливых зонах способно обеспечить стабильную урожайность при минимальных затратах на орошение.

Вторая группа включает сорта со сниженной способностью к водоудержанию и замедленным восстановлением тургора после обезвоживания. К ним относятся: Антера, Бере Жифар, Вильямс, Красный Кавказ, Нальчикская Костыка, Кабардинка, Терская осенняя.

Эти сорта требуют более тщательного контроля водного режима и своевременного полива в периоды засухи. Их выращивание в условиях недостаточного увлажнения сопряжено с риском снижения продуктивности и качества плодов.

Особую группу составляют сорта с минимальной засухоустойчивостью, характеризующиеся быстрой потерей воды при завядании; крайне низким процентом восстановления тургора листьев (всего 30...35%); высокой чувствительностью к дефициту влаги.

В эту категорию вошли: Бере Боск, Конференция, Орион, Олимп, Бере Арданпон.

Для успешного возделывания перечисленных сортов необходимы благоприятные микроклиматические условия, характерные для лесогорных плодовых зон: умеренные температурные колебания без резких перепадов; повышенная атмосферная влажность; достаточный естественный уровень увлажнения.

Таким образом, дифференцированный подход к выбору сортов груши с учётом их засухоустойчивости позволяет оптимизировать размещение насаждений и минимизировать риски, связанные с неблагоприятными климатическими условиями.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка адаптивного потенциала генофондовой коллекции груши Никитского ботанического сада / Бабина Р.Д. [и др.] // Бюллетень ГНБС. 2020. Вып. 137. С. 101-111. EDN: XLXQСХ.
2. Баскакова В.Л. Оценка засухоустойчивости груши в условиях степной зоны Крыма // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 91. С. 23-27. EDN: LRCHSV.
3. Дагужиева З.Ш., Бандурко И.А. Селекционно-биологическая оценка форм груши кавказской (*pyrus caucasica* fed.): монография. Майкоп: Магарин Олег Григорьевич, 2022. С. 168. EDN: HDICPU.
4. Дагужиева З.Ш., Бандурко И.А., Семенова Л.Г. Состояние водного режима форм груши кавказской и ее устойчивость к обезвоживанию и высоким температурам // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2008. № 2 (11). С. 144-147. EDN: JHARV.
5. Еремеев Г.Н., Лищук А.И. Методические указания по отбору засухоустойчивых сортов и подвоев плодовых растений. Ялта, 1974. 18 с.
6. Зацепина И.В. Засухоустойчивость и жаростойкость форм груши и айвы // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 76 (4). С. 14-25. EDN: ZCHJW.
7. Можар Н.В. Поиск засухоустойчивых сортов груши для условий центральной зоны Краснодарского края // Научные труды ГНУ СКЗНИИСиВ. 2014. Т. 5. С. 39-44. EDN: SHVIVT.
8. Нагудова Л.Х., Иванова З.А., Тхазеплова Ф.Х. Сравнительная характеристика засухоустойчивых сортов груши в предгорной зоне Кабардино-Балкарской республики // Научно-технический и социально-экономический потенциал развития АПК РФ: материалы II Международной научно-

практической конференции, посвященной памяти Заслуженного деятеля науки КБР, проф. М.Х. Ханиева. Нальчик, 2024. С. 169-173. EDN: BEQCEF.

9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. акад. РАСХН Е.Н. Седова и д-ра с/х наук Т.П. Огольцовой. Орёл: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

10. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур ВНИИС им. Мичурина. Мичуринск, 1973. 492 с.

11. Сатибалов А.В. Засухоустойчивые сорта груши для садоводства Северного Кавказа // Плодоводство и ягодоводство России. 2011. Т. XXVIII, ч. 2. С. 220-223. EDN: NYNGDP.

12. Сатибалов А.В., Нагудова Л.Х. Устойчивость сортов яблони и груши к стрессовым воздействиям засухи // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. XXXI, ч. 2. С. 289-293. EDN: XCRLAB.

13. Сатибалов А.В., Нагудова Л.Х. Устойчивость сортов яблони и груши в условиях аридизации климата // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». Саратов, 2024. С. 487-492. EDN: ADZVHW.

14. Семёнова Л.Г., Бандурко И.А., Добренков Е.А. Устойчивость груши (*pyrus l.*) к обезвоживанию в засушливые периоды вегетации предгорной зоны республики Адыгея // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2021. № 71 (5). С. 161-170. EDN: IEFSUP.

15. Сравнительная оценка устойчивости разных сортов груши к засухе, для выращивания в предгорной зоне Кабардино-Балкарии / Теммоев М.И. [и др.] // International Agricultural Journal. 2022. Т. 65, No. 3. EDN: FGXBKM.

16. Чакалова Е.А. Оценка засухоустойчивости сортов и перспективных форм груши // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2022. № 143. С. 107-114. EDN: TMZOVQ.

17. Biochemical and gene expression profiling of five pear species under drought stress conditions / Babaei L. [et al.] // BMC Plant Biology. 2025. Vol. 25. P. 397. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06408-x>.

18. Orchard management and incorporation of biochemical and molecular strategies for improving drought tolerance in fruit tree crops / Devin S.R. [et al.] // Plants. 2023. Vol. 12, No. 4. P. 773. <https://doi.org/10.3390/plants12040773>.

19. Identification of GSK3 family genes in Pear and their expression analysis under drought stress / Hu K. [et al.] // Life. 2025. Vol. 15, No. 3. P. 349. <https://doi.org/10.3390/life15030349>.

20. Relationships between stomatal regulation, water-use, and water-use efficiency of two coexisting key Mediterranean tree species / Klein T. [et al.] // Forest Ecology and Management. 2013. Vol. 302. P. 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.044>.

21. Nardini A., Gullo M.A., Salleo S. Refilling embolized xylem conduits: Is it a matter of phloem unloading? // Plant Science. 2011. Vol. 180, Iss. 4. P. 604-611. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.12.011>.

22. Drought tolerance mechanisms and aquaporin expression of wild vs. cultivated pear tree species in the field / Paudel I. [et al.]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103832>

23. Plants' Physio-Biochemical and Phyto-Hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress: A comprehensive review / Wahab A. [et al.] // Plants. 2022. Vol. 11 (13). P. 1620. <https://doi.org/10.3390/plants11131620>.

REFERENCES

1. Assessment of the adaptive potential of the nikitsky botanical garden's pear gene pool collection / Babina, R.D. [et al.] // Bulletin of the Nikitsky Botanical Garden. 2020. Issue 137. P. 101-111. EDN: XLXQCX. [In Russ.]

2. Baskakova, V.L. Assessment of pear drought resistance in the crimean steppe zone // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2021. Issue 91. P. 23-27. EDN: LRCHSV. [In Russ.]

3. Daguzhieva, Z.Sh., Bandurko, I.A. Breeding and biological assessment of Caucasian pear forms (*Pyrus caucasica* fed.): a monograph. Maikop: Magarin Oleg Grigorievich, 2022. P. 168. EDN: HDICPU. [In Russ.]

4. Daguzhieva Z.Sh., Bandurko I.A., Semenova, L.G. Water regime state of Caucasian pear varieties and its resistance to dehydration and high temperatures // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2008. Issue 2 (11). P. 144-147. EDN: JUHARB. [In Russ.]
5. Ereemeev, G.N., Lishchuk, A.I. Methodical guidelines for the selection of drought-resistant varieties and rootstocks of fruit plants. Yalta, 1974. 18 p. [In Russ.]
6. Zatsepina, I.V. Drought resistance and heat resistance of pear and quince varieties // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2022. Issue 76 (4). P. 14-25. EDN: ZCHJIW. [In Russ.]
7. Mozhar, N.V. Search for drought-resistant pear varieties for the conditions of the central zone of the Krasnodar territory // Scientific works of the State Scientific Institution SKZNIISiV. 2014. Vol. 5. P. 39-44. EDN: SHVIVT. [In Russ.]
8. Nagudova, L.Kh., Ivanova, Z.A., Tkhezeplova, F.Kh. Comparative characteristics of drought-resistant pear varieties in the foothill zone of the Kabardino-Balkarian Republic // Scientific, technical and socio-economic potential for the development of the agro-industrial complex of the Russian Federation: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the KBR, prof. M.Kh. Khaniev. Nalchik, 2024. P. 169-173. EDN: BEQCEF. [In Russ.]
9. Program and methodology for variety study of fruit, berry, and nut crops / edited by academician of the Russian Academy of Agricultural Sciences E.N. Sedov and Dr Sci. (Agr.) T.P. Ogoltsova. Orel: VNIISPK, 1999. 608 p. [In Russ.]
10. Program and methodology for variety study of fruit, berry, and nut crops of the Michurin All-Russian Research Institute of Fruit and Berry Crops. Michurinsk, 1973. 492 p. [In Russ.]
11. Satibalov, A.V. Drought-resistant pear varieties for horticulture in the North Caucasus // Fruit and berry growing in Russia. 2011. Vol. XXVIII, part 2. P. 220-223. EDN: NYNGDP. [In Russ.]
12. Satibalov, A.V., Nagudova, L.Kh. Resistance of apple and pear varieties to drought stress // Fruit and berry growing in Russia. 2016. Vol. XXXI, part 2. P. 289-293. EDN: XCRLAB. [In Russ.]
13. Satibalov, A.V., Nagudova, L.Kh. Resistance of apple and pear varieties in conditions of climate aridization // Scientific support for sustainable development of the agro-industrial complex in conditions of climate aridization: collection of materials from the IV International scientific and practical conference of the Russian Research Institute of Fruit Growing "Rossorgo". Saratov, 2024. P. 487-492. EDN: ADZVHW. [In Russ.]
14. Semenova, L.G., Bandurko, I.A., Dobrenkov, E.A. Resistance of pear (*Pyrus l.*) to dehydration during dry periods of vegetation in the foothill zone of the Republic of Adygea // Fruit growing and viticulture of the South of Russia. 2021. Issue 71 (5). P. 161-170. EDN: IEFSUP. [In Russ.]
15. Comparative assessment of drought resistance of different pear varieties for cultivation in the foothill zone of Kabardino-Balkaria / Temmoev M.I. [et al.] // International Agricultural Journal. 2022. Vol. 65, Issue 3. EDN: FGXBKM. [In Russ.]
16. Chakalova, E.A. Assessment of drought resistance of pear varieties and promising forms // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Garden. 2022. Issue 143. P. 107-114. EDN: TMZOVQ. [In Russ.]
17. Biochemical and gene expression profiling of five pear species under drought stress conditions / Babaei L. [et al.] // BMC Plant Biology. 2025. Vol. 25. P. 397. <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06408-x>.
18. Orchard management and incorporation of biochemical and molecular strategies for improving drought tolerance in fruit tree crops / Devin S.R. [et al.] // Plants. 2023. Vol. 12, No. 4. P. 773. <https://doi.org/10.3390/plants12040773>.
19. Identification of GSK3 family genes in Pear and their expression analysis under drought stress / Hu K. [et al.] // Life. 2025. Vol. 15, No. 3. P. 349. <https://doi.org/10.3390/life15030349>.
20. Relationships between stomatal regulation, water-use, and water-use efficiency of two coexisting key Mediterranean tree species / Klein T. [et al.] // Forest Ecology and Management. 2013. Vol. 302. P. 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.03.044>.
21. Nardini A., Gullo M.A., Salleo S. Refilling embolized xylem conduits: Is it a matter of phloem unloading? // Plant Science. 2011. Vol. 180, Iss. 4. P. 604-611. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.12.011>.
22. Drought tolerance mechanisms and aquaporin expression of wild vs. cultivated pear tree species in the field / Paudel I. [et al.]. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103832>

23. Plants' Physio-Biochemical and Phyto-Hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress: A comprehensive review / Wahab A. [et al.] // Plants. 2022. Vol. 11 (13). P. 1620. <https://doi.org/10.3390/plants11131620>.

Информация об авторах / Information about the authors

Сатибалов Аслан Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом селекции и сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства»; 360004, Российская Федерация, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, ул. Шарданова, д. 23, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2500-613X>; e-mail: aslan-07@list.ru

Иванова Зарема Амурхановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова; 360030, Российская Федерация, Кабардино-Балкарская Республика, г.Нальчик, проспект Ленина, 1в., e-mail: zarema1518@mail.ru

Тхазеплова Фатима Хатабиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова; 360030, Российская Федерация, Кабардино-Балкарская Республика, г.Нальчик, проспект Ленина, 1в., e-mail: fnagudova@mail.ru

Нагудова Лиана Хаутиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства»; 360004, Российская Федерация, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, ул. Шарданова, д. 23, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5713-3854>; e-mail: liana.nagudova@mail.ru

Дагужиева Зара Шахмардановна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии производства сельскохозяйственной продукции, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Российская Федерация, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191, <https://orcid.org/0000-0001-5834-1762>, e-mail: zaradaguzhiy@mail.ru

Aslan V. Satibalov, Dr Sci. (Agr.), Associate Professor, Head of the Department of Breeding and Variety Study of Fruit, Berry and Nut Crops, The North Caucasian Research Institute of Mountain and Foothill Horticulture; 360004, the Russian Federation, the Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, 23 Shardanov St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2500-613X>, aslan07@list.ru

Zarema A. Ivanova, PhD (Agr.), Associate Professor, The Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov; 360030, the Russian Federation, the Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, 1 v Lenin Avenue, e-mail zarema1518@mail.ru

Fatima H. Thazeplova, PhD (Agr.), Associate Professor, the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov; 360030, the Russian Federation, the Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, 1 v Lenin Avenue, e-mail: fnagudova@mail.ru

Liana H. Nagudova, PhD (Agr.), Senior Researcher, the North Caucasian Research Institute of Mountain and Foothill Horticulture; 360004, the Russian Federation, the Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, 23 Shardanov St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5713-3854>, e-mail liana.nagudova@mail.ru

Zara Sh. Daguzhieva, PhD (Agr.), Associate Professor, the Department of Agricultural Production Technology, Maikop State Technological University; 385000, the Russian Federation, Maikop, 191 Pervomayskaya St., 191, <https://orcid.org/0000-0001-5834-1762>; e-mail: zaradaguzhiy@mail.ru

Заявленный вклад авторов

Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

Сатибалов Аслан Владимирович – разработка методики исследования.

Тхазеплова Фатима Хатабиевна – подбор литературных источников.

Иванова Зарема Амурхановна – оформление статьи по требованиям журнала.

Нагудова Лиана Хаутиевна – проведение эксперимента.

Дагужиева Зара Шахмардановна – валидация данных.

Claimed contribution of the authors

All authors of the research - planning, implementation, and analysis of the research.

Aslan V. Satibalov – development of the research methodology.

Fatima Kh. Thazeplova – selection of the literary sources.

Zarema A. Ivanova – preparation of the article in accordance with the requirements of the Journal.

Liana Kh. Nagudova – conducting the experiment.

Zara Sh. Daguzhieva – validating the data.

Поступила в редакцию 30.10.2025

Поступила после рецензирования 01.12.2025

Принята к публикации 02.12.2025

Received 30.10.2025

Revised 01.12.2025

Accepted 02.12.2025

Обзорная статья / Review article

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-219-231>

УДК 633/635:502/504



Интеграция биоресурсов в растениеводство: краткий обзор

Х.А. Хусайнов✉, А.В. Тунтаев, Ф.Д. Елмурзаева

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»;

г. Грозный, Российская Федерация

✉ironlag@mail.ru

Аннотация. Введение. Непрерывное возделывание земли без соразмерного восполнения питательных веществ приводит к снижению производительности почвы из-за истощения необходимых питательных веществ, поддерживающих рост и развитие сельскохозяйственных растений. Это также вызывает дисбаланс в экосистеме, что приводит к снижению продуктивности земель и, в конечном итоге, к ухудшению как количества, так и качества сельскохозяйственной продукции. Биоресурсы – это природные, безопасные и легкодоступные продукты, которые считаются основным центром биоэкономики. Биоресурсы, получаемые из растений, животных и микроорганизмов, играют ключевую роль в замене синтетических ресурсов природными альтернативами. **Цель исследования.** Данного обзора – выявить использование ключевых биоресурсов, таких как биодоброения и биопестициды, в качестве альтернативы химическим продуктам для создания безопасной и устойчивой сельскохозяйственной системы. **Объекты и методы исследования.** Исследования основана на теоретических и прикладных трудах российских ученых. Используются статистический и сравнительный анализы, обобщение, синтез и прогнозирование. **Результаты и обсуждение.** Подчеркнута центральная роль биоресурсов в развитии растениеводства по направлению обеспечения устойчивости, адаптации к изменению климата и продовольственной безопасности. Благодаря интеграции биоресурсов растительного, животного и микробного происхождения органические системы могут значительно снизить зависимость от синтетических материалов, одновременно повышая плодородие почв, устойчивость к патогенам и экологическую стабильность. Отмечен потенциал этих биологических продуктов в стимулировании роста почвенных микроорганизмов, продуктивности растений. Поэтому продуктивное использование биоресурсов считается стратегически важным для достижения безопасного и устойчивого производства продуктов питания. **Заключение.** Данный обзор поможет заинтересованным сторонам выявить передовой опыт, повысить эффективность использования биоресурсов и, в конечном итоге, будет способствовать более широкому внедрению и масштабированию устойчивых сельскохозяйственных систем во всем мире.

Ключевые слова: биоресурсы, растениеводство, биоудоброения, биопестициды, микробные инокулянты, устойчивость к изменению климата, экосистема

Для цитирования: Хусайнов Х.А., Тунтаев А.В., Елмурзаева Ф.Д. Интеграция биоресурсов в растениеводство: краткий обзор. *Новые технологии / New technologies*. 2025; 21(4): 219-231. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-219-231>

Integration of bioresources into crop production: a brief review

H.A. Husainov✉, A.V. Tuntayev, F.D. Elmurzaeva

Chechen Research Institute of Agriculture; Grozny, the Russian Federation

✉ironlag@mail.ru

© Х.А. Хусайнов, А.В. Тунтаев, Ф.Д. Елмурзаева, 2025

Abstract. Introduction. Continuous cultivation without adequate nutrient replenishment leads to decreased soil productivity due to the depletion of essential nutrients that support the growth and development of agricultural plants. This also causes an imbalance in the ecosystem, leading to decreased land productivity and, ultimately, a decline in both the quantity and quality of agricultural production. Bioresources are natural, safe, and readily available products that are considered to be the core of the bioeconomy. Bioresources derived from plants, animals, and microorganisms play a key role in replacing synthetic resources with natural alternatives. The goal of the research was to identify the use of key bioresources, such as biofertilizers and biopesticides, as an alternative to chemical products to create a safe and sustainable agricultural system. **The objects and methods of research.** The research was based on the theoretical and applied works of Russian scientists. Statistical and comparative analyses, generalization, synthesis, and forecasting were used. **The results and discussion.** The central role of bioresources in the development of crop production in the direction of ensuring sustainability, adaptation to climate change, and food security were emphasized. Integration of bioresources of plant, animal, and microbial origin, organic systems can significantly reduce dependence on synthetic materials, while simultaneously increase soil fertility, pathogen resistance, and environmental stability. The potential of these biological products to stimulate the growth of soil microorganisms and plant productivity has been noted. Therefore, the productive use of bioresources is considered strategically important for achieving safe and sustainable food production. **Conclusion.** The research will help stakeholders identify best practices, improve the efficiency of bioresource use, and ultimately facilitate the wider adoption and scaling of sustainable agricultural systems worldwide.

Keywords: bioresources, crop production, biofertilizers, biopesticides, microbial inoculants, climate change resilience, ecosystem

For citation: Husainov H.A., Tuntayev A.V., Elmurzaeva F.D. Integration of bioresources into crop production: a brief review. *Novye tehnologii / New Technologies*. 2025; 21(4): 219-231. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2025-21-4-219-231>

Введение. Современные меры восполнения питательных веществ почвы с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур включают использование биологических ресурсов, которые являются естественными доступными продуктами и могут быть продуктивно использованы в устойчивом сельском хозяйстве [1]. Биоресурсы можно в широком смысле определить как возобновляемые и биоразлагаемые биологические материалы, полученные из растений, животных и микроорганизмов, которые могут быть использованы человеком напрямую или косвенно для различных полезных целей [2]. Следовательно, биоресурсы считаются основным центром биоэкономики. К ним относятся такие материалы, как растительные остатки, побочные продукты животного происхождения, микробная биомасса, лекарственные растения, биологически активные соединения и органические отходы. Благодаря своей возобновляемой природе биоресурсы всё чаще признаются важней-

шими элементами устойчивого сельского хозяйства, производства энергии, управления охраной окружающей среды и фармацевтической промышленности [3].

Значимость биоресурсов обусловлена, прежде всего, их потенциалом в качестве устойчивой альтернативы синтетическим материалам, которые часто негативно влияют на здоровье окружающей среды, биоразнообразие и благополучие человека. Эффективное использование биоресурсов в сельском хозяйстве особенно важно в системах органического земледелия, где минимизация использования синтетических химикатов жизненно важна для поддержания экологического баланса, плодородия почв и устойчивого развития [4].

Цель данного обзора – выявить использование ключевых биоресурсов, таких как биоудобрения и биопестициды, в качестве альтернативы химическим продуктам для создания безопасной и устойчивой сельскохозяйственной системы.

Методология исследования основана на теоретических и прикладных трудах российских ученых. Используются статистический и сравнительный анализы, обобщение, синтез и прогнозирование. Комплексный подход позволяет оценить текущее состояние использования биоресурсов в сельскохозяйственной отрасли, выявить тенденции, а также определить перспективные направления развития с учетом природно-климатических, экономических и социальных факторов.

Результаты и обсуждение. На основании их биологического происхождения и практического применения биоресурсы обычно подразделяются на три основные категории: биоресурсы растительного, животного и микробного происхождения.

Биоресурсы растительного происхождения включают материалы, полученные непосредственно из растений или продуктов растительного происхождения, таких как пожнивные остатки, покровные культуры, сидераты, растительные пестициды (например, экстракты нима, пиретрум), лекарственные растения, эфирные масла и продукты агролесоводства [5]. Эти ресурсы имеют разнообразное применение в сельском хозяйстве, включая борьбу с вредителями и болезнями, улучшение структуры и плодородия почвы, подавление сорняков, а также в качестве источников питательных веществ и органических удобрений [6].

Биоресурсы животного происхождения включают в себя навоз, компост, биодинамические препараты, костную муку, рыбную муку и кровяную муку. Эти биоресурсы широко используются для круговорота питательных веществ и повышения плодородия почв, а также в качестве органических удобрений в устойчивых сельскохозяйственных системах. Правильное управление ими вносит значительный вклад в обогащение почвы органическим веществом, повышение микробной активности и улучшение её физических и химических свойств, тем самым способствуя устойчивой продуктивности [7].

Микробные биоресурсы включают полезные микроорганизмы, такие как бактерии (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*), грибы (*Trichoderma*, *Mycorrhizae*), водоросли и вирусы, которые используются в основном в качестве биоудобрений, биопестицидов, биофунгицидов и стимуляторов роста растений (PGPM). Эти микроорганизмы играют важную роль в устойчивом сельском хозяйстве, повышая доступность питательных веществ, улучшая здоровье растений и их устойчивость к болезням, снижая зависимость от синтетических материалов и способствуя общей устойчивости и продуктивности сельскохозяйственных культур [8].

Биопрепараты могут использоваться в качестве биопестицидов, биоудобрений, биостимуляторов или стимуляторов биодegradации [9, 10].

Биоудобрения – один из лучших способов увеличить или сохранить текущие темпы производства продуктов питания, обеспечивая при этом экологическую стабильность. Они содержат такие микроорганизмы, как *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Rhizobium* и *Pseudomonas fluorescens* [11, 12] и/или различные растительные экстракты (фруктов, листьев, микроводорослей) [13]. Биоудобрения улучшают качество почвы и способствуют росту растений за счет синтеза регуляторов роста, биологического контроля фитопатогенов или индукции иммунитета в стрессовых условиях. Они также могут улучшить усвоение труднодоступных элементов благодаря их способности растворять фосфор, калий и цинк [14, 15]. Эффект биопестицидов может быть основан на действии микроорганизмов (например, бактерий, таких как *Bacillus thuringiensis*, или плесени, такой как *Verticillium leconii*, *Metarhizium anisopliae* или *Trichoderma viride*) или растительных экстрактов (например, масла нима, масла цитронеллы или водного экстракта чеснока) [9, 16].

Несмотря на огромный потенциал биоресурсов в устойчивых сельскохозяйственных системах, их интеграция в основные

сельскохозяйственные практики остаётся ограниченной. Следовательно, критический обзор и оценка существующих практик, преимуществ, ограничений и исследовательских пробелов, связанных с использованием биоресурсов, необходимы для содействия их более широкому внедрению. Данный обзор имеет особую актуальность в условиях растущих проблем, с которыми сталкивается сельскохозяйственный сектор, связанных с изменением климата, деградацией почв, загрязнением окружающей среды и продовольственной безопасностью.

Биоресурсы как основные компоненты почвы. Почва представляет собой трехфазную систему, которая включает твердую, жидкую и газообразную фазы. Твердая фаза состоит из разнообразной смеси неорганических (40-45%) и органических компонентов (5%), в то время как вода и воздух составляют около 50% объема почвы в жидкой и газообразной фазах соответственно. Хотя количество растительности, доступность воды и плотность почвы различаются, каждый из этих факторов вносит свой вклад в определение хорошей и здоровой почвы, способной поддерживать рост и развитие растений. Почва заслуживает особого внимания, поскольку представляет собой сеть пор, служащую физической и основной средой обитания для всех организмов. Почву также называют биологическим двигателем жизни, поскольку она представляет собой внутреннее пространство, в котором обитают и функционируют все почвенные организмы [17].

Значение почвы, несомненно, огромно, но ее необходимо поддерживать и управлять ею устойчиво как возобновляемым ресурсом. Однако факторы, способствующие эффективному плодородию почвы, разнообразны и сложны. Известно, что почвенная биота вносит огромный вклад в эффективные функции почвы, особенно в поддержание сельскохозяйственного плодородия [18]. Более того, биомасса, хотя и составляет небольшую долю от общей массы

почвы, оказывает большее влияние на ее функции. Она представляет собой биологические компоненты, которые полностью взаимодействуют в серии сложных механизмов для рециркуляции питательных веществ и обеспечения непрерывного функционирования почвы. Гетерогенная пористая матрица, которая создается неровной структурой почвы, действует как среда обитания для почвенных организмов, что влияет на поступление органических веществ. Однако микробиота оказывает либо прямое, либо косвенное влияние на структуру почвы, включая перемещение, выравнивание и прилипание первичных частиц вдоль поверхностей клеток или гиф, силу сцепления, создаваемую сцеплением колоний, метаболитами или экссудатами, такими как внеклеточные полисахариды, покрытие стенок пор гидрофобными веществами, такими как изолирующие полимеры грибкового мицелия, а также спутывание и связывание структур роста, таких как грибные гифы [19].

Различные ключевые факторы определяют экосистемное обслуживание почвенной биоты: целостность структуры почвы, круговорот углерода, круговорот питательных веществ, биотическая регуляция и т. д. Сама почва состоит из нескольких компонентов, включая глину, соль и песчаные фракции, и образовалась в результате различных биогеохимических изменений, которые включают выветривание. Как органические, так и минеральные компоненты почвы, объединенные в более крупные единицы, связываются вместе, образуя более крупный масштаб как часть структуры почвы в иерархическом масштабе. Структура почвы также может быть улучшена микроорганизмами из-за их воздействия на органические материалы [20]. Органическое вещество, как потенциальные субстраты, содержащие энергию, связывает частицы почвы вместе, в то время как деградация органического вещества микроорганизмами изменяет структуру почвы и

приводит к потере почвенного углерода. Профили или матрица почвы неразрывно связаны с взаимодействиями между микробными процессами, водой и сетью пор в почве. Более того, в то время как микроорганизмам, таким как простейшие и бактерии, для перемещения необходима водная плёнка, грибы могут распространяться по обширным поверхностям с помощью гиф или мицелия, способных проникать в заполненные воздухом поры. Таким образом, микробы выработали различные способы выживания, такие как аэробное или анаэробное дыхание, чтобы выживать в различных почвенных процессах, таких как метаногенез и денитрификация [8].

Органическое вещество почвы формируется от первичных продуцентов наземной растительности. Это оказывает благоприятное влияние на функцию почвы и сельское хозяйство. Деградирующая биомасса модифицируется посредством химических и биологических процессов для обогащения органического вещества почвы, которое служит основным источником энергии для почвенных организмов [21, 22, 23]. Для достижения этого почвенные микроорганизмы должны мигрировать по почвенной матрице, чтобы получить доступ к органическому веществу; это движение затем приводит к формированию структурной почвы и способности почвы действовать как буфер [24]. Биопертурбацию можно считать генезисом и поддерживающим механизмом структуры и функции почвы. Беспозвоночные организмы, такие как черви, муравьи или моллюски, а также корни растений, часто связаны с физическим нарушением твердых почвенных матриц для получения прохода и передвижения, и, тем самым, они также обеспечивают смешивание и распределение существенных почвенных материалов. Растения являются основными производителями связанного углерода. Микробное дыхание уравнивает чистый поток углерода экосистемы [25].

Использование биоресурсов в качестве биоудобрений и биопестицидов. В

результате постоянного и беспрестанного применения химические удобрения изменяют характеристики почвы, делая ее либо более кислой, либо щелочной, что приводит к сокращению количества естественных почвенных микробов, а также влияет на доступность питательных веществ для растений, что, в свою очередь, снижает урожайность. Однако применение полезных микроорганизмов в качестве биоудобрений и биопестицидов, которое в настоящее время привлекает внимание, служит эффективной альтернативой использованию химических продуктов для повышения плодородия почвы и борьбы с сопутствующими вредителями и болезнями. Биоудобрения и биопестициды являются экологически чистыми продуктами и хорошими средствами для комплексных методов восполнения питательных веществ и борьбы с вредителями и болезнями [26, 27].

В отличие от органических удобрений, которые являются компонентами различных сельскохозяйственных отходов, требующих вмешательства микроорганизмов для их разложения из твердого состояния в разложившийся и растворимый материал для более легкого усвоения растениями, биоудобрения и биопестициды состоят из полезных микроорганизмов. Они представляют собой микробные инокулянты, которые состоят из живых клеток микроорганизмов, таких как бактерии, грибы, водоросли или консорциум инокулянтов. Они колонизируют растительную эндосферу или ризосферу при внесении либо на семена, либо на поверхность растений, либо в почву [28]. Биоудобрения, в отличие от органических удобрений, используют естественные процессы растворения фосфора и фиксации азота для увеличения доступных основных питательных веществ для растения-хозяина. Они также активизируют рост растений за счет синтеза веществ, стимулирующих рост. С другой стороны, биопестициды описывают множество веществ от препаратов, содержащих живые микро-

организмы, до ботанических соединений, защитных средств, включаемых в растения, и семиохимических веществ, таких как феромоны [29]. Таким образом, применение биоpestицидов не ограничивается применением микробных средств борьбы с вредителями, т.е. грибами, бактериями, вирусами, нематодами и простейшими.

Другим аспектом является использование биоактивных соединений, таких как метаболиты, производимые непосредственно микробами, которые подавляют популяции патогенных организмов. Таким образом, биоpestициды приобретают всё большую значимость в борьбе с вредителями, биологическом контроле, агротехнике и новых синтетических технологиях, а также в генетике растений и животных. Они характеризуются своими полезными свойствами, такими как экологичность, меньшая опасность, специфичность к целям, эффективность при низких дозировках, биоразлагаемость и неперсистентность [30].

На данный момент охарактеризовано множество микроорганизмов; их обычно называют ризобактериями, стимулирующими рост растений (PGPR), или грибами, стимулирующими рост растений (PGPF) [31]. Их использование для роста растений и борьбы с болезнями широко поощряется почвоведом [32]. Таким образом, естественная почвенная микрофлора содержит множество PGPR или PGPF, и они представляют собой ключевой элемент интегрированного управления питательными веществами с их применением в качестве биоудобрений, которые могут использоваться в устойчивом сельском хозяйстве. Их можно соответствующим образом формулировать для внесения через семена или почву. Эти препараты, которые включают живые или латентные клетки эффективных штаммов микроорганизмов, способствуют усвоению питательных веществ сельскохозяйственными растениями, взаимодействуя с ризосферой. Они повышают микробиологическую активность почвы, увеличивая количество питательных

веществ, доступных в легкоусвояемом состоянии для растений. Эти потенциальные биоудобрения были классифицированы на основе их роли как азотфиксаторов (*Rhizobium*, *Azospirillum*, *Azobacter*, сине-зеленые водоросли и *Azolla*), солюбилизаторов фосфата (*Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bacillus*, *Achromobacter*, *Burkholderia*, *Aereobacter*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Agrobacterium* и *Erwinia*), поглотителей фосфата (*Mycorrhiza*) и солюбилизаторов цинка (*Bacillus subtilis*, *Thiobacillus thiooxidans* и *Saccharomyces* sp.).

Потенциал почвенных микробных pestицидов связывают с механизмами противодействия атакам патогенов, такими как системная приобретенная резистентность (SAR), система, которая придает растению устойчивость к широкому спектру фитопатогенов и ряду вторичных инфекций. Ряд видов бактерий и грибов были охарактеризованы как микробные pestициды. *Paenibacillus polymyxa* и *Paenibacillus lentimorbus* подавляют галловую нематоду и грибок фузариозного увядания в инфицированных растениях. Были сообщения об ингибирующем и биологическом контролирующем действии штамма *Bacillus pumilus* AR03 против черной ножки табака. Исследованы биостимулирующие эффекты некоторых штаммов ризосферных грибов, таких как *Aspergillus niger*, *Yarrowia lipolytica*, *Talaromyces astroseus*, *T. harzianum*, *T. purpurogenus*, *Cunninghamella elegans* и других, а также *Burkholderia ceracian*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis* и *P. chlororaphis*, *B. firmus* против почвенных грибов и нематод, *Agrobacterium radiobacter* K84, K1026 против корончатого галла, вызываемого *Agrobacterium tumefaciens*, непатогенного *Ralstonia solanacearum* против патогенных видов и *Trichoderma* spp. против корневой гнили томата, в то время как эффективность грибов арбускулярной микоризы в качестве биоудобрения и биоpestицида была отмечена на различных культурах [24].

Кроме того, ботанические pestициды, полученные естественным образом из про-

дуктов на растительной основе, также проявились как эффективные альтернативы обычным синтетическим пестицидам [33, 34]. Например, пестициды на основе нима, пиретрума и эвкалиптового масла широко исследовались для борьбы с сельскохозяйственными вредителями [35]. Однако использование биоудобрений и биопестицидов, в отличие от классического биологического контроля, требует повторных применений на сельскохозяйственных полях или на территориях, зараженных вредителями, потому что они не способны распространяться за пределы обработанной области, и, что более важно, их популяция не является самоподдерживающейся за пределами одного или нескольких вегетационных сезонов [36, 37], за исключением эндофитов, которые доставляются в семенах или другом материале для размножения, как правило, в виде спрея, полива, гранул или покрытия семян.

Пожнивные остатки и зеленые удобрения. Пожнивные остатки, включая листья, шелуху и стебли, оставленные в поле после уборки урожая, представляют собой обширный и недостаточно используемый биоресурс для повышения плодородия почвы и содержания органического вещества. Эти остатки богаты углеродом и питательными веществами и играют ключевую роль в круговороте питательных веществ, удержании влаги, борьбе с эрозией и повышении микробной активности в органических системах. Внесение этих остатков в почву посредством мульчирования или компостирования может значительно улучшить структуру почвы, её катионообменную способность и микробную биомассу [38]. Однако важно учитывать соотношение углерода к азоту (C/N) в этих материалах, поскольку добавки с высоким содержанием C/N (например, солома зерновых культур) могут привести к временной иммобилизации азота во время разложения.

Тесно связаны с пожнивными остатками зеленые удобрения, которые вклю-

чают выращивание определенных видов растений (в основном бобовых) и заделку их в почву для обогащения азотом и органическими веществами. Некоторые зеленые удобрения и покровные культуры, такие как *Brassica* spp., также известны своим подавляющим нематод действием благодаря высвобождению биологически активных соединений, таких как глюкозинолаты, во время разложения [39].

Аналитическая перспектива. Растительные биоресурсы не только возобновляемы и биоразлагаемы, но и соответствуют модели замкнутого цикла круговорота питательных веществ, лежащей в основе систем органического земледелия. При правильном использовании эти биоресурсы снижают зависимость от синтетических ресурсов, снижают производственные затраты и повышают устойчивость систем земледелия. Однако их полный потенциал остаётся неиспользованным из-за ограниченной осведомлённости, отсутствия технических знаний и изменчивости доступности ресурсов в разных агроэкологических зонах. Исследования, направленные на оптимизацию управления, переработки и применения растительных биоресурсов, могут предложить масштабируемые решения некоторых из основных задач обеспечения устойчивости в современном сельском хозяйстве.

Биоресурсы животного происхождения обеспечивают как агрономические, так и экологические преимущества в системах органического земледелия. Они способствуют накоплению органического углерода в почве (SOC), увеличению микробной биомассы и поддержанию полезной почвенной фауны, такой как дождевые черви и редуценты. Более того, их использование соответствует принципам экономики замкнутого цикла, способствуя переработке сельскохозяйственных отходов для их дальнейшего продуктивного использования. Однако их эффективность зависит от правильного обращения, компостирования и сроков внесения. Чрезмерное

или неправильное использование может привести к дисбалансу питательных веществ, проблемам с запахом или загрязнению воды. Таким образом, интеграция биоресурсов животного происхождения с растительными остатками и микробными инокулянтами обеспечивает более сбалансированную и устойчивую стратегию управления питательными веществами.

Микробные биоресурсы являются динамичными агентами изменений в органическом и регенеративном земледелии. Они опосредуют важнейшие взаимодействия между почвой, растениями и микробами, лежащие в основе круговорота питательных веществ, здоровья почвы и устойчивости экосистемы. В отличие от синтетических добавок, которые часто приводят к деградации почвы, микробные добавки восстанавливают биологический двигатель почвы. Однако их эффективность зависит от рН почвы, влажности, систем земледелия и местных микробных сообществ. Более того, система производства, жизнеспособность и доставка микробных продуктов остаются технически сложными задачами, особенно в различных полевых условиях.

Чтобы полностью раскрыть их потенциал, необходимы дальнейшие исследования в области селекции штаммов, консорциумных инокулянтов и микробиомной инженерии, а также долгосрочные полевые испытания в различных агроэкологических зонах. Интеграция микробных биоресурсов с материалами растительного и животного происхождения обеспечивает синергетический эффект, идеально соответствующий модели циклической экономики питательных веществ, характерной для органического сельского хозяйства.

Выводы. Глобальный переход к устойчивому сельскому хозяйству требует трансформации ресурсоемких систем земледелия в экологически восстанавливающиеся и социально инклюзивные модели. Интеграция биоресурсов в растениеводство представляет собой важнейший шаг в этом переходе,

предлагая решения для управления питательными веществами, борьбы с вредителями и болезнями, обеспечения устойчивости к изменению климата. Однако широкое внедрение и оптимизация методов, основанных на биоресурсах, по-прежнему сдерживаются рядом пробелов в знаниях, политике и институциональных структурах. Существует острая необходимость в оптимизации эффективности и состава биоресурсов. Исследования должны оценивать эффективность микробных инокулянтов, компостных смесей и ботанических биопестицидов в различных агроэкологических зонах. Сравнительные полевые испытания, оценивающие комбинации, дозировки и сроки применения, необходимы для повышения предсказуемости, согласованности и масштабируемости результатов. Критически важно более глубокое понимание взаимодействия почвы, микробиома и биоресурсов. Передовые инструменты, такие как метагеномика и профилирование почвенного микробиома, позволяют выявить, как различные биоресурсы влияют на микробные сообщества, динамику питательных веществ и общее состояние растений. Это понимание поможет в разработке синергетических консорциумов биоресурсов и стратегий долгосрочного повышения плодородия почв.

В настоящем обзоре подчеркивается центральная роль биоресурсов в развитии растениеводства по направлению обеспечения устойчивости, адаптации к изменению климата и продовольственной безопасности. Благодаря интеграции биоресурсов растительного, животного и микробного происхождения органические системы могут значительно снизить зависимость от синтетических материалов, одновременно повышая плодородие почв, устойчивость к патогенам и экологическую стабильность. Данные свидетельствуют о многочисленных преимуществах – от улучшения круговорота питательных веществ и сохранения биоразнообразия до экономических возможностей. Однако их широкое

внедрение по-прежнему сдерживается проблемами в знаниях, непоследовательной политической поддержкой и техническими ограничениями. Для решения этих проблем необходимы междисциплинарные исследования, институциональная поддержка, а также образование и инфраструктура, ориентированные на сельхозтоваропроизводителей. Целостный, учитывающий контекст подход, сочетающий традиционную муд-

рость с научными инновациями, необходим для оптимизации использования биоресурсов. В конечном итоге, эффективная интеграция биоресурсов представляет собой преобразующую возможность для создания регенеративных, циклических и устойчивых сельскохозяйственных систем, соответствующих глобальным целям экологической и социально-экономической устойчивости.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no conflict of interests

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dlamini S.P., Akanmu A.O., Babalola O.O. Rhizospheric microorganisms: The gateway to a sustainable plant health // *Front. Sustain. Food Syst.* 2022. No. 6. P. 925802.
2. Utilization of agricultural waste biomass and recycling toward circular bioeconomy / Kumar Sarangi P. [et al.] // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2023. Vol. 30. P. 8526-8539.
3. Value addition employing waste bio-materials in environmental remedies and food sector / Taneja A. [et al.] // *Metabolites.* 2023. No. 13. P. 624.
4. Advanced technologies on the sustainable approaches for conversion of organic waste to valuable bioproducts: Emerging circular bioeconomy perspective / Ashokkumar V. [et al.] // *Fuel.* 2022. Vol. 324. P. 124313.
5. Kumar P., Singh J. Harnessing Bioproducts for a Sustainable Circular Economy // *In Value Addition and Utilization of Lignocellulosic Biomass: Through Novel Technological Interventions*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2025. P. 263-293.
6. Riseh R.S. Advancing agriculture through bioresource technology: The role of cellulose-based biodegradable mulches // *Int. J. Biol. Macromol.* 2024. Vol. 255. P. 128006.
7. Enhancing the Fertilizer Value of Cattle Manure Using Organic Resources for Soil Fertility. No. 8. P. 89-107.
8. Microbial Inoculants in Sustainable Agriculture: Advancements, Challenges, and Future Directions / Díaz-Rodríguez A.M [et al.] // *Plants.* 2025. No. 14. P. 191.
9. Biopesticide consumption in India: insights into the current trends / Chakraborty N. [et al.] // *Agriculture.* 2023. Vol. 13, No. 3. P. 557.
10. Влияние бактериального биоудобрения на морфофизиологические показатели горчицы в условиях солевого стресса / Борисова Г.Г. [и др.] // *Вестник Нижневартковского государственного университета.* 2025. № 1 (69). С. 4-14.
11. Divya K., Singh R., Thakur I. Response of biofertilizers and foliar application of zinc on yield and economics of lentil (*Lens culinaris*, Fabaceae) // *International Journal of Environment and Climate Change.* 2023. Vol. 13, No. 9. P. 1040-1045.
12. Vishal S., Singh R., Pradhan A. Influence of biofertilizers and nitrogen on yield and economics of barley (*Hordeum vulgare* L.) // *International Journal of Plant and Soil Science.* 2023. Vol. 35, No. 17. P. 196-202.
13. Nano-biofertilizers synthesis and applications in agroecosystems / Bairwa P. [et al.] // *Agrochemicals.* 2023. No. 2 (1). P. 118-134.
14. Оценка влияния микробиологического биоудобрения на урожайность и качество зерна ярового ячменя в условиях склоновых ландшафтов / Михайленко И.И. [и др.] // *Аграрная Россия.* 2025. № 3. С. 39-42.

15. Федорова Д.Г., Галактионова Л.В. Влияние биоудобрения на водный режим, интенсивность фотосинтеза и урожайность зерновых культур в условиях степного Предуралья // *Зерновое хозяйство России*. 2025. Т. 17, № 1. С. 89-97.
16. Narwade J.D., Odaneth A.A. & Lele S.S. Solid-state fermentation in an earthen vessel: *Trichoderma viride* spore-based biopesticide production using corn cobs // *Fungal Biology*. 2023. Vol. 127 (7/8). P. 1146-1156.
17. Невенчанная Н.М., Шойкин О.Д., Табаченко А.В. Влияние разной системы обработки на свойства почвы // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2024. № 9. С. 76-82.
18. Круглов Ю.В. Микробное сообщество почвы: физиологическое разнообразие и методы исследования // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51, № 1. С. 46-59.
19. Willer H., Trávníček J., Schlatter B. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2025*; International Federation of Organic Agriculture Movements: Bonn, Germany, 2025.
20. Bhardwaj S., Pandey P.K., Bansal S. Global sustainable organic product movement: Embracing production and consumption shifts // *Int. J. Glob. Environ.* 2024. Iss. 23. P. 59-74.
21. Сабанова А.А. Обогащение каштановых почв органическим веществом при возделывании бобовых трав и амаранта // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2022. Т. 59-1. С. 12-19.
22. Bekuzarova S. Degradation and restoration of mountain pastures // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Moscow, 2020. P. 012046. Doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012046.
23. Фарниев А.Т. Основные вопросы почвенной микробиологии. Владикавказ: Горский ГАУ, 2015. 152 с.
24. Bioresources in Organic Farming: Implications for Sustainable Agricultural Systems / Akanmu A.O. [et al.] // *Horticulturae*. 2023. No. 9. P. 659.
25. Net ecosystem carbon exchange for Bermuda grass growing in mesocosms as affected by irrigation frequency / Yuan L. [et al.] // *Pedosphere*. 2022. No. 32. P. 393-401.
26. Effective role of beneficial microbes in achieving the sustainable agriculture and eco-friendly environment development goals: A review / Ahirwar N.K. [et al.] // *Front. Microbiol.* 2020. No. 5. P. 111-123.
27. Фарниев А.Т. Роль агротехнических приемов в повышении интенсивности азотфиксации клубеньковыми бактериями люцерны на выщелоченных черноземах РСО-Алания // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 1998. № 1. С. 87-95.
28. Microbial inoculants with higher capacity to colonize soils improved wheat drought tolerance / Li J. [et al.] // *Microb. Biotechnol.* 2023. No. 16. P. 2131-2144.
29. Challenges for Plant Growth Promoting Microorganism Transfer from Science to Industry: A Case Study from Chile / Muñoz-Carvajal E. [et al.] // *Microorganisms*. 2023. No. 11. P. 1061.
30. Samada L.H., Tambunan U.S.F. Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status // *Online J. Biol. Sci.* 2020. No. 20. P. 66-76.
31. Advances in microbial based bio-inoculum for amelioration of soil health and sustainable crop production / Samantaray A. [et al.] // *Curr. Res. Microb. Sci.* 2024. No. 7. P. 100251.
32. *Trichoderma*: Potential bio-resource for the management of tomato root rot diseases in Africa / Olowe O.M. [et al.] // *Microbiol. Res.* 2022. Vol. 257. P. 126978.
33. Биологические средства защиты растений / Алборова П.В. [и др.]. Владикавказ: Горский ГАУ, 2022. 80 с.
34. Фарниев А.Т., Козырев А.Х., Пухаев А.Р. Биологическая эффективность PGPR штаммов против болезней озимой пшеницы // *Известия Горского государственного аграрного университета*. 2012. Т. 49, № 1/2. С. 80-83.
35. CRISPR/Cas genome editing and precision plant breeding in agriculture / Chen K. [и др.] // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2019. Vol. 70. P. 667-697.
36. Bagheri A., Fathipour Y. Induced Resistance and Defense Primings. In *Molecular Approaches for Sustainable Insect Pest Management*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2021. P. 73-139.
37. Овчаренко Н.С. Микромикеты ароматических и лекарственных растений Крыма. Владикавказ: Горский ГАУ, 2018. 256 с. ISBN 978-5-906647-55-9.

38. Агроэнергетическая оценка возделывания многолетних бобовых трав / Абасов Ш.М. [и др.] // *Нива Поволжья*. 2025. № 2 (74). С. 1003.
39. Капустные зеленные овощи / Солдатенко А.В. [и др.]. М.: ФГБНУ ФНЦО, 2022. 296 с.

REFERENCES

1. Dlamini S.P., Akanmu A.O., Babalola O.O. Rhizospheric microorganisms: The gateway to a sustainable plant health // *Front. Sustain. Food Syst.* 2022. No. 6. P. 925802.
2. Utilization of agricultural waste biomass and recycling toward circular bioeconomy / Kumar Sarangi P. [et al.] // *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2023. Vol. 30. P. 8526-8539.
3. Value addition employing waste bio-materials in environmental remedies and food sector / Taneja A. [et al.] // *Metabolites*. 2023. No. 13. P. 624.
4. Advanced technologies on the sustainable approaches for conversion of organic waste to valuable bioproducts: Emerging circular bioeconomy perspective / Ashokkumar V. [et al.] // *Fuel*. 2022. Vol. 324. P. 124313.
5. Kumar P., Singh J. Harnessing Bioproducts for a Sustainable Circular Economy // *In Value Addition and Utilization of Lignocellulosic Biomass: Through Novel Technological Interventions*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2025. P. 263-293.
6. Riseh R.S. Advancing agriculture through bioresource technology: The role of cellulose-based biodegradable mulches // *Int. J. Biol. Macromol.* 2024. Vol. 255. P. 128006.
7. Enhancing the Fertilizer Value of Cattle Manure Using Organic Resources for Soil Fertility. No. 8. P. 89-107.
8. Microbial Inoculants in Sustainable Agriculture: Advancements, Challenges, and Future Directions / Diaz-Rodríguez A.M [et al.] // *Plants*. 2025. No. 14. P. 191.
9. Biopesticide consumption in India: insights into the current trends / Chakraborty N. [et al.] // *Agriculture*. 2023. Vol. 13, No. 3. P. 557.
10. Effect of bacterial biofertilizer on morphophysiological parameters of mustard under salt stress / Borisova G.G. [et al.] // *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*. 2025. Issue 1 (69). P. 4-14. [In Russ.]
11. Divya K., Singh R., Thakur I. Response of biofertilizers and foliar application of zinc on yield and economics of lentil (*Lens culinaris*, Fabaceae) // *International Journal of Environment and Climate Change*. 2023. Vol. 13, No. 9. P. 1040-1045.
12. Vishal S., Singh R., Pradhan A. Influence of biofertilizers and nitrogen on yield and economics of barley (*Hordeum vulgare* L.) // *International Journal of Plant and Soil Science*. 2023. Vol. 35, No. 17. P. 196-202.
13. Nano-biofertilizers synthesis and applications in agroecosystems / Bairwa P. [et al.] // *Agrochemicals*. 2023. No. 2 (1). P. 118-134.
14. Assessment of the influence of microbiological biofertilizer on the yield and quality of spring barley grain in sloping landscapes / Mikhailenko I.I. [et al.] // *Agrarnaya Rossiya*. 2025. Issue 3. P. 39-42. [In Russ.]
15. Fedorova, D.G., Galaktionova, L.V. Influence of biofertilizer on the water regime, photosynthesis intensity and yield of grain crops in the steppe Cis-Urals // *Grain Economy of Russia*. 2025. Vol. 17, Issue 1. P. 89-97. [In Russ.]
16. Narwade J.D., Odaneth A.A. & Lele S.S. Solid-state fermentation in an earthen vessel: *Trichoderma viride* spore-based biopesticide production using corn cobs // *Fungal Biology*. 2023. Vol. 127 (7/8). P. 1146-1156.
17. Nevenchannaya, N.M., Shoikin, O.D., Tabachenko, A.V. Effect of different tillage systems on soil properties // *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2024. Issue 9. P. 76-82. [In Russ.]
18. Kruglov, Yu.V. Soil microbial community: physiological diversity and research methods // *Agricultural Biology*. 2016. Vol. 51, Issue 1. P. 46-59. [In Russ.]
19. Willer H., Trávníček J., Schlatter B. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2025*; International Federation of Organic Agriculture Movements: Bonn, Germany, 2025.
20. Bhardwaj S., Pandey P.K., Bansal S. Global sustainable organic product movement: Embracing production and consumption shifts // *Int. J. Glob. Environ.* 2024. Iss. 23. P. 59-74.

21. Sabanova, A.A. Enrichment of chestnut soils with organic matter during the cultivation of legumes and amaranth // *Bulletin of the Gorsky State Agrarian University*. 2022. Vol. 59-1. P. 12-19. [In Russ.]
22. Bekuzarova, S. Degradation and restoration of mountain pastures // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Moscow, 2020. P. 012046. Doi: 10.1088/1755-1315/579/1/012046. [In Russ.]
23. Farniev A.T. Basic issues of soil microbiology. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2015. 152 p. [In Russ.]
24. Bioresources in Organic Farming: Implications for Sustainable Agricultural Systems / Akanmu A.O. [et al.] // *Horticulturae*. 2023. No. 9. P. 659.
25. Net ecosystem carbon exchange for Bermuda grass growing in mesocosms as affected by irrigation frequency / Yuan L. [et al.] // *Pedosphere*. 2022. No. 32. P. 393-401.
26. Effective role of beneficial microbes in achieving the sustainable agriculture and eco-friendly environment development goals: A review / Ahirwar N.K. [et al.] // *Front. Microbiol.* 2020. No. 5. P. 111-123.
27. Farniev, A.T. The role of agrotechnical practices in increasing the intensity of nitrogen fixation by alfalfa nodule bacteria on leached chernozems of the Republic of North Ossetia-Alania // *Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy*. 1998. Issue 1. P. 87-95. [In Russ.]
28. Microbial inoculants with higher capacity to colonize soils improved wheat drought tolerance / Li J. [et al.] // *Microb. Biotechnol.* 2023. No. 16. P. 2131-2144.
29. Challenges for Plant Growth Promoting Microorganism Transfer from Science to Industry: A Case Study from Chile / Muñoz-Carvajal E. [et al.] // *Microorganisms*. 2023. No. 11. P. 1061.
30. Samada L.H., Tambunan U.S.F. Biopesticides as promising alternatives to chemical pesticides: A review of their current and future status // *Online J. Biol. Sci.* 2020. No. 20. P. 66-76.
31. Advances in microbial-based bio-inoculum for amelioration of soil health and sustainable crop production / Samantaray A. [et al.] // *Curr. Res. Microb. Sci.* 2024. No. 7. P. 100251.
32. Trichoderma: Potential bio-resource for the management of tomato root rot diseases in Africa / Olowe O.M. [et al.] // *Microbiol. Res.* 2022. Vol. 257. P. 126978.
33. Biological plant protection products / Alborova P.V. [et al.]. Vladikavkaz: Gorsky SAU, 2022. 80 p. [In Russ.]
34. Farniev, A.T., Kozyrev, A.Kh., Pukhaev, A.R. Biological efficiency of PGPR strains against winter wheat diseases // *Bulletin of the Gorsky State Agrarian University*. 2012. Vol. 49, Issue 1/2. P. 80-83. [In Russ.]
35. CRISPR/Cas genome editing and precision plant breeding in agriculture / Chen K. [et al.] // *Annu. Rev. Plant Biol.* 2019. Vol. 70. Pp. 667-697.
36. Bagheri A., Fathipour Y. Induced Resistance and Defense Primings. In *Molecular Approaches for Sustainable Insect Pest Management*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2021. P. 73-139.
37. Ovcharenko, N.S. Micromycetes of aromatic and medicinal plants of Crimea. Vladikavkaz: Gorsky State Agrarian University, 2018. 256 p. ISBN 978-5-906647-55-9. [In Russ.]
38. Agroenergetic assessment of the cultivation of perennial legumes / Abasov Sh.M. [et al.] // *Niva Povolzhya*. 2025. Issue 2 (74). P. 1003. [In Russ.]
39. Cabbage greens / Soldatenko A.V. [et al.]. Moscow: FGBNU FNTsO, 2022. 296 p. [In Russ.]

Информация об авторах / Information about the authors

Хусайнов Харон Адамович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела ландшафтного земледелия, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 366021, Российская Федерация, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8048-5025>, e-mail: ironlag@mail.ru

Тунтаев Альви Вахаевич, научный сотрудник отдела ландшафтного земледелия, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 366021, Российская Федерация, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1798-837X>

Елмурзаева Фатима Дадаевна, младший научный сотрудник отдела ландшафтного земледелия, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; 366021, Российская Федерация, Чеченская Республика, г. Грозный, ул. Лиловая, 1, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2928-5997>

Haron A. Husainov, PhD (Biol.), Senior Researcher, Department of Landscape Agriculture, Chechen Research Institute of Agriculture; 366021, the Russian Federation, the Chechen Republic, Grozny, 1 Lilovaya St., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8048-5025>, e-mail: ironlag@mail.ru

Alvi V. Tuntaev, Researcher, Department of Landscape Agriculture, Chechen Research Institute of Agriculture; 1 Lilovaya St., Grozny, the Chechen Republic; 366021, the Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1798-837X>

Fatima D. Elmurzaeva, Junior Researcher, Department of Landscape Agriculture, Chechen Research Institute of Agriculture; 1 Lilovaya St., Grozny, the Chechen Republic; 366021, the Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2928-5997>

Заявленный вклад авторов

Хусайнов Харон Адамович. – подбор литературных источников.

Тунтаев Альви Вахаевич. – валидация данных.

Елмурзаева Фатима Дадаевна. – оформление статьи по требованиям журнала.

Claimed contribution of the authors

Haron A. Husainov – selection of literary sources.

Alvi V. Tuntaev – data validation.

Fatima D. Elmurzaeva – preparation of the article according to the requirements of the Journal.

Поступила в редакцию 22.09.2025

Поступила после рецензирования 28.10.2025

Принята к публикации 29.10.2025

Received 22.09.2025

Revised 28.10.2025

Accepted 29.10.2025

Соответствие рубрик журнала Номенклатуре научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени:

**ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ И БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ И
БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ**

4.3.3. – Пищевые системы (технические науки)

4.3.5. – Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

4.1.2. – Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.4. – Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки)

Научное издание

Рецензируемый научный журнал «Новые технологии/New Technologies»

Том 21. №4. 2025

Издательство МГТУ

385000, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191

Бумага Чайка Бумага А. Печать цифровая.

Гарнитура Times. Усл. п.л. 29,0. Формат 60x84/8. Тираж 500 экз. Заказ 20/4.

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